Din cărţile mele [illegible] Elena-[illegible]

ANATOLIE HRISTEV
DORIN BORŞAN
DUMITRU MANDA
MARIN SANDU
LUCIAN GEORGESCU
NICOLAE GHERBANOVSCHI

PROBLEME DE FIZICĂ

PENTRU CLASELE IX-X



EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ
BUCUREŞTI, 1983

Referenţi: colectivul catedrei de fizică a Liceului
„N. BĂLCESCU“ — BUCUREŞTI

Lucrarea a fost elaborată în felul următor:

Partea I. *Capitolele 1—6:* conf. univ. dr. **A. Hristev**
Capitolele 7, 8,10: prof. **D. Manda**
Capitolul 9: conf. dr. **L. Georgescu**

Partea II. *Capitolele 1—4:* lector dr. **D. Borşan**
Capitolele 5—7: prof. **M. Sandu**
Capitolele 8—11: lector dr. **N. Gherbanovschi**

Partea III: **A. Hristev, D. Borşan, N. Gherbanovschi.**

Redactor: **prof. Ileana Bîrsan**
Tehnoredactor: **Viorica Condopol**
Coperta: **Nicolae Sîrbu**

Coli de tipar: 15
Bun de tipar: 28.09.83



Com. 30 233/7123
Combinatul poligrafic
„CASA SCÎNTEII“
Bucureşti — R.S.R.

PARTEA I

MECANICĂ ŞI ACUSTICĂ
(Clasa a IX-a)

ENUNŢURI

CAPITOLUL 1

MIŞCAREA ŞI REPAUSUL

1.1.1. Viteza unei şalupe în sensul curgerii rîului este $v_1 = 20$ km/h, iar în sensul opus $v_2 = 16$ km/h. Care este viteza apei şi viteza şalupei faţă de apă?

1.1.2. În figura 1.1.2 sînt reprezentate: legea mişcării unui vapor pe apa stătoare (1) şi legea mişcării apei unui rîu (2). Să se afle viteza vaporului v_1 şi viteza apei v_2. Să se reprezinte grafic legea mişcării vaporului pe rîu în sensul rîului.

1.1.3. Două corpuri se mişcă uniform unul spre celălalt şi distanţa dintre ele se micşorează cu viteza $u_1 = 3{,}0$ m/s. Dacă aceste corpuri se mişcă avînd aceleaşi viteze dar în acelaşi sens, distanţa dintre ele se micşorează cu viteza $u_2 = 1{,}0$ m/s. Care sînt vitezele corpurilor?

1.1.4. Într-o staţie de metrou, scara rulantă, inclinată cu unghiul $\alpha = 30°$ faţă de orizontală, are viteza $v = 0{,}80$ m/s. Ştiind timpul $t = 1{,}0$ min în care un om este urcat cu scara, să se afle la ce adîncime se află linia metroului.

1.1.5. Un avion zboară cu viteza $v_0 = 360$ km/h faţă de aer. Ştiind că suflă vînt de la est la vest cu viteza $v = 20$ m/s şi avionul trebuie să înainteze spre Nord, să se afle viteza avionului faţă de pămînt şi unghiul făcut de avion cu meridianul.

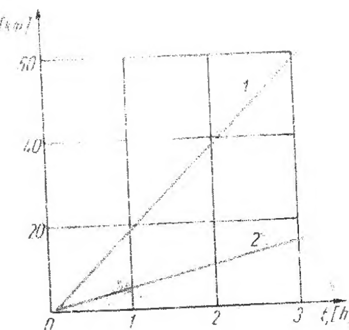


Fig. 1.1.2

1.1.6. Un avion parcurge distanţa $d = 150$ km dus şi întors cu viteza $v_0 = 360$ km/h faţă de aer. Cît timp durează zborul dacă vîntul suflă cu viteza $v = 20$m/s:

a) perpendicular pe direcţia parcursă;
b) de-a lungul direcţiei parcurse;
c) dar dacă nu suflă vîntul?

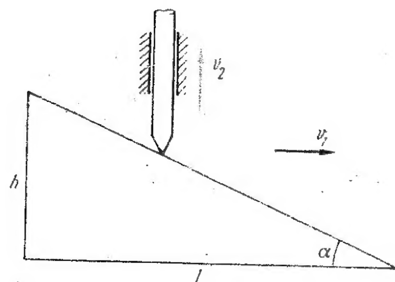


Fig. 1.1.7.

1.1.7. Pana din figura 1.1.7, cu unghiul $\alpha = 30°$, alunecă orizontal cu viteza $v_1 = 0{,}30$ m/s. Cu ce viteză v_2 se ridică tija?

1.1.8. Două vehicule merg paralel în sensuri opuse cu vitezele $v_1 = 36$ km/h, $v_2 = 54$ km/h. Din primul vehicul se aruncă în al doilea un pachet cu viteza $v_0 = 5{,}0$ m/s, orizontal și perpendicular față de ele. Care este mărimea vitezei pachetului și ce unghi formează ea față de al doilea vehicul?

1.1.9. O barcă înaintează spre nord de-a lungul unui meridian cu viteza $v = 10$ m/s. Care este mărimea și direcția, față de barcă, a vitezei vîntului care suflă dinspre *N-V* cu viteza $v_0 = 10{,}0$ m/s?

1.1.10. Între două orașe *A*, *B* situate unul față de altul la distanța $d = 200$ km circulă autobuze, care pornesc din stația *A* la intervale egale de timp $\tau = 1{,}0$ h și circulă cu viteza medie $v = 50$ km/h. Neglijînd timpurile de staționare ale autobuzelor, să se afle cîte autobuze sînt în total pe traseu și cîte autobuze va întîlni un călător dintr-un autobuz care pleacă dintr-un oraș și ajunge în celălalt.

CAPITOLUL 2

PRINCIPIILE MECANICII NEWTONIENE

1.2.1. După deschiderea parașutei, parașutistul ajunge repede să coboare cu viteză constantă, deși asupra lui acționează forța de greutate. Cum explicați aceasta?

1.2.2. În figura 1.2.2 sînt reprezentate trei cazuri, fiind indicate greutățile corpurilor și forțele care acționează. Să se spună cu ce accelerații se vor mișca cele trei corpuri.

1.2.3. Se schimbă forța de tracțiune a locomotivei dacă locomotiva este plasată în spatele trenului sau undeva la mijlocul trenului?

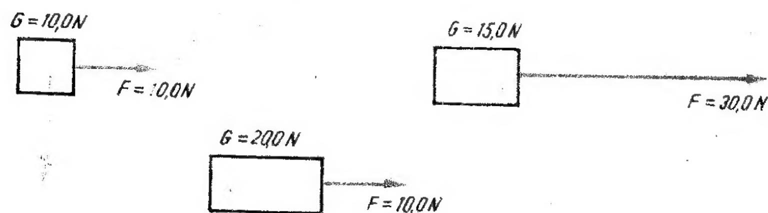


Fig. 1.2.2.

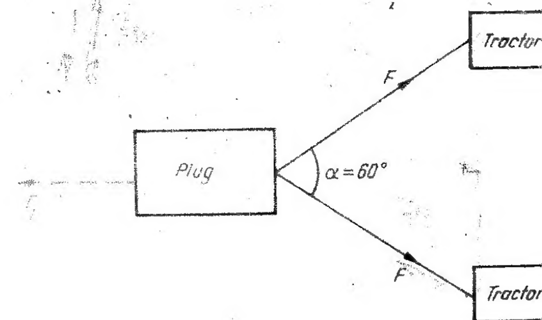


Fig. 1.2.4

1.2.4. Un plug este tras uniform de două tractoare ca în figura 1.2.4, tensiunea din fiecare cablu fiind $T = 10$ kN. Care este forța de rezistență a solului?

1.2.5. Cu ajutorul unui fir trecut peste un scripete ideal este ridicat uniform un corp cu forța de tracțiune F a firului orientată orizontal. Care este forța de apăsare a firului asupra scripetelui?

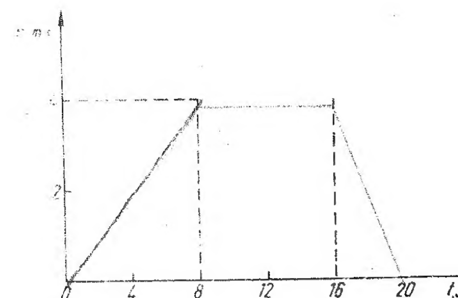
1.2.6. În experiența lui Otto Guericke cu emisferele din Magdeburg (1654) de fiecare emisferă trăgeau opt cai. Se schimbă forța de tracțiune asupra emisferelor, dacă una din emisfere este legată de un stîlp? Dar dacă o emisferă este legată de stîlp, iar de cealaltă trag 16 cai?

1.2.7. Cu ce accelerație s-a mișcat un lift de masă $m = 1{,}00$ t, dacă tensiunea din cablul său de susținere a fost: a) $T = 13{,}8$ kN, b) $T = 6{,}8$ kN?

1.2.8. Un corp de greutate $G = 100$ kN este coborît într-o mină cu ajutorul unui cablu. Viteza corpului variază în timp după graficul din figura 1.2.8. Să se afle tensiunea din cablu în cele trei intervale de timp.

1.2.9. Pe talerul unui cîntar se așază un vas cu apă și apoi se face echilibrul. Se strică echilibrul dacă băgăm mîna în apa din vas, fără a atinge fundul și fără să se verse apa?

Fig. 1.2.8.



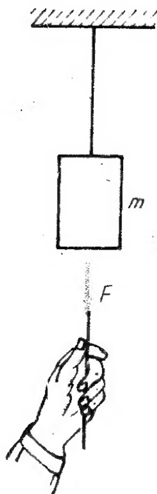


Fig. 1.2.11.

1.2.10. Pe talerul unei balanțe se află un vas cu apă și un stativ de care este prins un fir cu un corp atîrnat la capăt, deasupra apei. Balanța este echilibrată cu etaloane. Se strică echilibrul balanței cînd coborîm firul astfel încît corpul să se scufunde în apă?

Dar dacă stativul se află pe celălalt taler dar are o tijă orizontală cu fir și corp, astfel încît putem cufunda corpul, ca și mai înainte, în vasul cu apă de pe primul taler?

1.2.11. De tavan este atîrnat printr-un fir un corp de masă mare. De acest corp este prins un alt fir (de același fel cu primul fir) de care tragem în jos (fig. 1.2.11). Dacă tragem încet, se rupe firul superior, dacă smucim brusc, se rupe firul inferior. De ce?

1.2.12. Cu ce accelerație trebuie ridicat vertical în sus un corp cu ajutorul unui fir, pentru ca tensiunea din fir să fie de $n = 3$ ori mai mare decît greutatea corpului?

1.2.13. Un fir rezistă la un corp atîrnat de masă maximă $m_1 = 8{,}0$ kg în cazul ridicării corpului cu o anumită accelerație și la masă maximă $m_2 = 12$ kg în cazul coborîrii cu *aceeași* accelerație. Ce masă maximă putem ridica sau coborî *uniform?*

1.2.14. De un fir este atîrnat un corp. Dacă ridicăm corpul cu accelerația $a = 2{,}1$ m/s^2, atunci tensiunea din fir este de $n = 2$ ori mai mică decît tensiunea de rupere. Cu ce accelerație minimă trebuie ridicat corpul pentru ca firul să se rupă?

1.2.15. Două corpuri de mase $m_1 = 10$ kg și $m_2 = 2{,}0$ kg, așezate pe un plan orizontal fără frecări, sînt legate între ele printr-un fir orizontal avînd inserat un dinamometru ușor. De corpul m_2 se trage orizontal cu o forță $F = 12$ N. Ce forță indică dinamometrul?

1.2.16. Un camion de masă $m_1 = 3{,}0$ t tractează accelerat o remorcă de masă $m_2 = 2{,}0$ t. Tensiunea din cablul de remorcare este $T = 1{,}0$ kN. Considerînd că forțele de rezistență sînt proporționale cu greutățile, să se afle forța de tracțiune dezvoltată de motorul camionului.

1.2.17. Două corpuri de mase $m_1 = 100$ g, $m_2 = 300$ g, legate printr-un fir sînt trase în jos cu o forță $F = 4{,}0$ N ca în figura 1.2.17. Care este accelerația sistemului și tensiunea din fir?

1.2.18. Un corp de masă m_1 este tras în sus cu o forță F. De corpul m_1 este prins un corp de masă m_2 prin intermediul unei sfori de masă m_0 (fig. 1.2.18). Să se afle tensiunea din fir într-o secțiune depărtată de capătul inferior cu o distanță egală cu o fracțiune f din lungimea sforii.

1.2.19. De tavanul unui vagon este suspendat un corp de masă $m = 1{,}00$ kg prin intermediul a două fire de aceeași lungime așezate simetric în



Fig. 1.2.17.

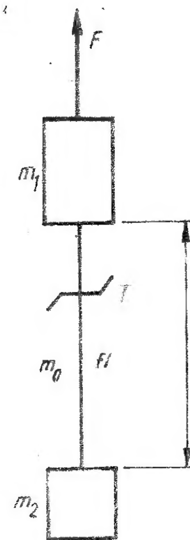


Fig. 1.2.18.

planul vertical al mișcării cu unghiul de deschidere $2\alpha = 60°$. Care vor fi tensiunile din fire atunci cînd vagonul merge cu accelerația $a = 4{,}9$ m/s^2?

1.2.20. Un om de masă $m = 60$ kg, aflat într-o barcă de masă $M = 40$ kg în repaus, începe să alerge cu accelerația $a = 2{,}0$ m/s^2 față de barcă. Să se afle accelerațiile cu care se vor mișca omul și barca față de apă, precum și forța cu care omul împinge barca în direcție orizontală.

1.2.21. De tavanul unei săli de sport este suspendată printr-un fir o bară de masă $M = 1{,}0$ kg. O pisică de masă $m = 0{,}50$ kg sare și se agață de bară, dar în același moment firul de suspensie se rupe și atunci pisica se cațără pe bară astfel încît rămîne mereu la aceeași înălțime față de sol. Cu ce accelerație cade bara?

1.2.22. O picătură de ploaie cade vertical. Ea întîmpină din partea aerului o forță de rezistență proporțională cu pătratul vitezei. În momentul cînd accelerația picăturii a fost $a = 7.5$ m/s^2, viteza ei era $v = 20$ m/s. Lîngă suprafața pămîntului picătura a atins viteza constantă v_0 și nimerind pe geamul lateral al unui automobil a lăsat o urmă înclinată cu unghiul $\alpha = 30°$ față de verticală. Care a fost viteza automobilului?

1.2.23. Două corpuri de greutate $G_1 = 10$ N, $G_2 = 30$ N sînt legate printr-un fir trecut peste un scripete ideal. Care este accelerația sistemului și tensiunea din fir? Se dezleagă acum corpul G_2 și în locul său se trage în jos cu o forță egală cu greutatea corpului: $F = G_2$. Care va fi acum accelerația și tensiunea din fir?

1.2.24. Peste un scripete ideal este trecut un fir cu două corpuri de masă $M = 200$ g fiecare. Peste unul din corpurile M se așază un mic corp adițional de masă $m = 20{,}0$ g. Cu ce forță f apasă corpul adițional m asupra corpului M peste care el este așezat? Cu ce forță F apasă scripetele asupra lagărelor sale?

1.2.25. De tavanul unui lift este agățat un scripete ideal prin intermediul unui dinamometru. Peste scripete este trecut un fir cu două corpuri la capete, de mase $m_1 = 100$ g, $m_2 = 300$ g. Liftul urcă accelerat cu accelerația $a_0 = 2{,}2$ m/s². Ce forță indică dinamometrul?

1.2.26. Peste un scripete ideal este trecut un fir. De un capăt al firului este atîrnată o masă $m_1 = 300$ g, iar de-a lungul celuilalt capăt alunecă un manșon de masă $m_2 = 200$ g cu accelerația $w_2 = 2{,}4$ m/s² (în jos) față de fir. Să se afle accelerația a_1 a masei m_1 și forța de frecare dintre manșon și fir.

1.2.27. Un lanț de lungime $l = 16$ m și masă $m = 8{,}0$ kg este trecut peste un scripete ideal. Care va fi tensiunea din lanț în secțiunea din mijlocul lanțului în momentul în care de o parte a scripetelui atîrnă o lungime $l_0 = 10$ m de lanț (fig. 1.2.27). Care va fi accelerația lanțului în acest moment?

1.2.28. Peste un scripete ideal este trecută o sfoară de masă neglijabilă de capetele căreia se agață doi sportivi de mase $m_1 = 40$ kg, $m_2 = 60$ kg care încep simultan să urce cu accelerații constante $w_1 = 0{,}50$ m/s², respectiv $w_2 = 0{,}70$ m/s² *față de sfoară*. Să se afle:

a) tensiunea și accelerația sforii;

b) accelerațiile sportivilor față de pămînt;

c) care sportiv ajunge primul la scripete.

1.2.29. Peste un scripete ideal, fixat de tavan, este trecută o sfoară; la un capăt al sforii este atîrnat un corp de masă $M = 60$ kg, iar la celălalt capăt este atîrnată o scară pe care stă un sportiv de masă $m = 50$ kg. Inițial sistemul este în echilibru. Cu ce accelerație față de sfoară trebuie să urce sportivul pentru ca scripetele să nu apese asupra lagărelor sale?

1.2.30. În sistemul din figura 1.2.30, scripeții sînt ideali (de masă neglijabilă). Să se determine accelerațiile corpurilor și tensiunile din fire ($m_1 = 350$ g, $m_2 = 100$ g).

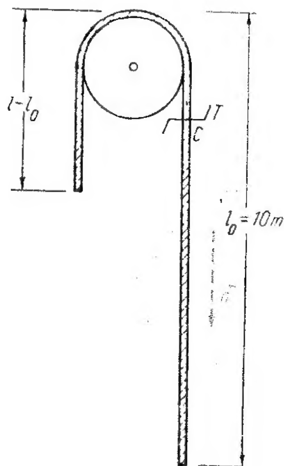


Fig. 1.2.27.

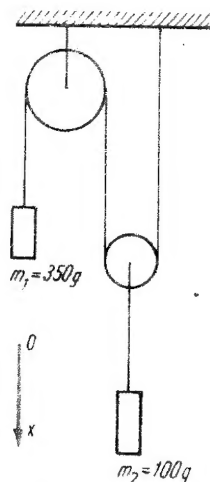


Fig. 1.2.30.

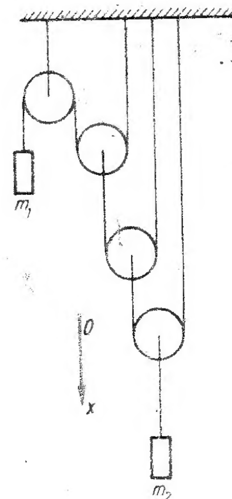


Fig. 1.2.31.

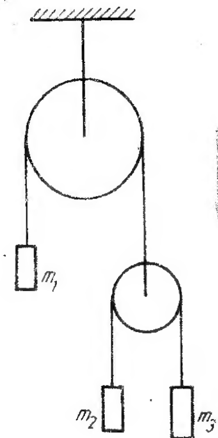


Fig. 1.2.32.

1.2.31. Să se afle accelerațiile corpurilor $m_1 = 1{,}00$ kg, $m_2 = 16{,}0$ kg din sistemul de scripeți ideali din figura 1.2.31.

1.2.32. Să se afle accelerațiile și tensiunile din fire pentru sistemul din figura 1.2.32. Scripeții sînt ideali, $m_1 = 0{,}400$ kg, $m_2 = 0{,}100$ kg, $m_3 = 0{,}200$ kg. Ce valoare trebuie să aibă m_3 pentru ca m_2 să rămînă în repaus față de pămînt?

CAPITOLUL 3

MIȘCAREA PUNCTULUI MATERIAL SUB ACȚIUNEA UNOR TIPURI DE FORȚE

MIȘCAREA RECTILINIE UNIFORMĂ

1.3.1. Un biciclist a parcurs o distanță cu viteza $v_1 = 12$ km/h și în continuare o distanță egală cu viteza $v_2 = 8{,}0$ km/h. Care a fost viteza medie a biciclistului pe întreaga distanță parcursă?

1.3.2. Un camion a mers de la A la B cu viteza $v_1 = 60$ km/h, iar înapoi cu viteza $v_2 = 40$ km/h. Care a fost viteza medie a camionului?

1.3.3. Un motociclist a parcurs o fracțiune $f = 0{,}40$ din drumul său cu viteza $v_1 = 72$ km/h, iar restul drumului cu viteza $v_2 = 54$ km/h. Care a fost viteza medie a motociclistului?

1.3.4. Un biciclist a plecat într-o excursie din orașul A în orașul B. Prima jumătate de drum a mers cu viteza $v_1 = 12$ km/h. Jumătate din timpul rămas a mers cu viteza $v_2 = 8{,}0$ km/h, iar restul drumului a mers pe jos cu viteza $v_3 = 4{,}0$ km/h. Care a fost viteza medie a biciclistului?

— **1.3.5.** Un autobuz se mişcă $t_1 = 0,5$ min cu viteza $v_1 = 10$ km/h (treapta I a vitezelor), apoi $t_2 = 1,0$ min cu viteza $v_2 = 20$ km/h (treapta II) şi $t_3 = 2,0$ min cu viteza $v_3 = 40$ km/h (treapta III). Să se afle viteza medie pe tot timpul mişcării, neglijînd timpurile de trecere de la o viteză la alta.

— **1.3.6.** O barcă de masă $M = 40$ kg, cu un om de masă $m = 60$ kg aflat în ea, stă în repaus pe un lac. Omul începe să meargă cu viteza $v' = 1,00$ m/s faţă de barcă, parcurgînd lungimea bărcii $l' = 2,0$ m. Să se afle vitezele cu care se mişcă omul şi barca faţă de apă, precum şi deplasările lor faţă de apă.

— **1.3.7.** Două localităţi sînt situate pe malul unui lac de acumulare şi în acelaşi timp sînt porturi pe acelaşi rîu. Viteza medie de curgere a rîului $v_r = 1,0$ m/s. Între aceste localităţi circulă două vaporaşe identice cu viteza $v = 3,00$ m/s faţă de apă, unul pe lac, celălalt pe rîu. Distanţa dintre localităţi pe cele două căi este practic aceeaşi $d = 10,8$ km. Cît timp durează drumul dus şi întors între cele două localităţi, pe cele două căi? Să se demonstreze că totdeauna $t_1 < t_2$.

— **1.3.8.** Un elev înoată cu viteza $v = 0,5$ m/s. În ce direcţie trebuie să înoate spre celălalt mal pentru ca apa care curge cu viteza $v_0 = 1,0$ m/s, să-l deplaseze cît mai puţin la vale?

— **1.3.9.** Un om aflat la distanţa $b = 50$ m de o şosea observă la un moment dat un autobuz venind cu viteza $v_0 = 12$ m/s şi aflat în acel moment la distanţa $l = 400$ m de om. Sub ce unghi (faţă de direcţia iniţială om-autobuz) trebuie să alerge rectiliniu omul, cu viteza $v = 3,0$ m/s, pentru a întîlni autobuzul? (Fig. 1.3.9.) Cu ce viteză minimă trebuie să alerge omul pentru a putea întîlni autobuzul?

— **1.3.10.** Două camioane pleacă simultan unul spre celălalt din oraşul *A*, respectiv *B*. Ele se întîlnesc la distanţa $d = 45$ km de *B*, apoi ajungînd fiecare la destinaţie se întorc şi se întîlnesc a doua oară după $\tau = 3,0$ ore de la prima întîlnire. Să se afle viteza celui de-al doilea camion.

— **1.3.11.** O coloană de pionieri de lungime $l = 400$ m se deplasează cu viteza $v = 4,0$ km/h de-a lungul unei şosele, în timpul unei excursii. Profesorul din coada coloanei trimite la un moment dat un biciclist către profesorul din capul coloanei ca să-i ceară planul excursiei. Biciclistul merge tot timpul cu viteza $v_0 = 12$ km/h. În cît timp se întoarce biciclistul? Să se rezolve problema în sistemul de referinţă legat de:

a) coloană,
b) biciclist,
c) pămînt.

Care sistem de referinţă este mai convenabil?

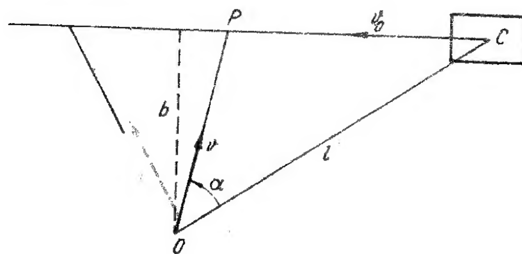


Fig. 1.3.9.

1.3.12. Două coloane de sportivi merg pe o şosea în sensuri opuse, cu viteza $v_1 = 1,0$ m/s, respectiv $v_2 = 1,5$ m/s. Pe fiecare rînd sînt $n = 4$ sportivi şi distanţa dintre rînduri $d = 1,5$ m. Cîţi sportivi din cealaltă coloană întîlneşte unul din ei într-un timp $\tau = 30$ s? Care sistem de coordonate este mai potrivit?

MIŞCAREA RECTILINIE UNIFORM VARIATĂ

1.3.13. Să se descrie mişcările reprezentate în figura 1.3.13.

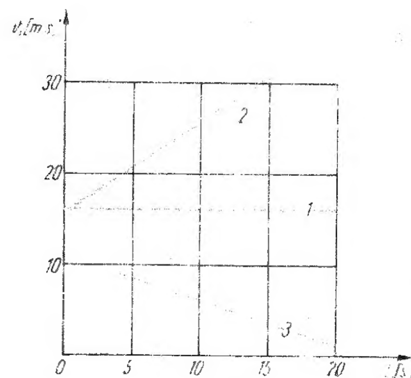


Fig. 1.3.13.

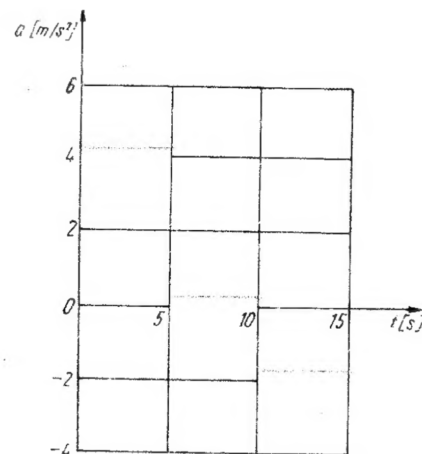


Fig. 1.3.14.

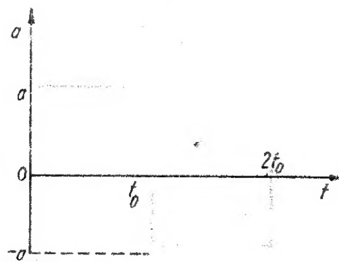


Fig. 1.3.15.

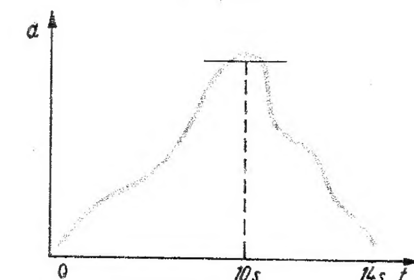


Fig. 1.3.16.

— **1.3.14.** Să se descrie mişcarea pentru care graficul acceleraţiei este reprezentat în figura 1.3.14, viteza iniţială fiind $v_0 = -20$ m/s.

— **1.3.15.** În figura 1.3.15 se dă graficul acceleraţiei. Să se reprezinte coordonata *x* în funcţie de viteza *v*, viteza iniţială fiind v_0.

— **1.3.16.** Un corp porneşte fără viteză iniţială avînd acceleraţia reprezentată în figura 1.3.16. În ce intervale de timp corpul este accelerat şi în ce intervale de timp este frînat? În ce moment viteza sa va fi maximă?

1.3.17. Este posibilă o mişcare uniform *frînată* cu viteză iniţială nulă?

1.3.18. Un mobil, pornind fără viteză iniţială, parcurge în prima secundă 1 m, în a doua secundă 2 m, ..., în a n-a secundă parcurge n metri. Este această mişcare uniform accelerată?

1.3.19. Trenul unui metrou dezvoltă o acceleraţie $a = 1{,}5$ m/s². În cît timp acest tren atinge viteza de regim $v = 80$ km/h?

1.3.20. Un corp pornind uniform accelerat fără viteză iniţială, parcurge o distanţă $\Delta x = 40$ m în intervalul de timp de la $t_1 = 1{,}0$ s la $t_2 = 3{,}0$ s. Cît este acceleraţia?

1.3.21. Un tramvai porneşte cu acceleraţia $a = 1{,}0$ m/s². La ce distanţă viteza tramvaiului atinge valoarea de regim $v = 36$ km/h? Ce valoare are viteza la mijlocul acestei distanţe?

1.3.22. Un mobil, mişcîndu-se cu acceleraţia $a = 2{,}0$ m/s², a parcurs distanţa $d = 100$ m în timpul $t = 5{,}0$ s. Care a fost viteza iniţială?

1.3.23. Ce distanţă a parcurs un automobil în timp ce viteza sa a crescut de la $v_1 = 6{,}0$ m/s la $v_2 = 16$ m/s, acceleraţia fiind $a = 2{,}0$ m/s²?

1.3.24. Ce acceleraţie trebuie să dezvolte un automobil pentru a mări viteza de la $v_1 = 18$ km/h la $v_2 = 72$ km/h pe o distanţă $d = 75$ m? Ce valoare are viteza la mijlocul acestei distanţe?

1.3.25. Ce distanţă parcurge un vagonet dacă el se mişcă $t_1 = 20$ s cu viteza constantă $v_1 = 10$ m/s şi în continuare $t_2 = 10$ s cu acceleraţia $a = 2{,}0$ m/s²?

1.3.26. Un camion a frînat pe o distanţă $d = 75$ m într-un timp $\tau = 10$ s. Care a fost viteza camionului înainte de frînare?

1.3.27. O acceleraţie de frînare acceptabilă pentru automobil este $a = -2$ m/s². În cît timp un automobil îşi reduce viteza de la viteza legală $v_0 = 60$ km/h pînă la restricţia de viteză $v = 30$ km/h? În cît timp poate opri?

1.3.28. O acceleraţie plauzibilă de frînare în caz de pericol este $a = -5$ m/s². În cît timp şi pe ce distanţă poate fi oprit un autoturism care are viteza iniţială $v_0 = 72$ km/h?

1.3.29. Un tren frînează cu acceleraţia $a = -0{,}50$ m/s² şi după $t_m = 40$ s se opreşte. Care a fost viteza iniţială şi ce distanţă a parcurs pînă la oprire?

1.3.30. Un avion aterizează cu viteza iniţială $v_0 = 288$ km/h pe o pistă de lungime $d = 1{,}0$ km. Care este acceleraţia şi timpul de aterizare? Care este viteza avionului la mijlocul pistei? Ce distanţă parcurge avionul în prima jumătate a timpului de frînare?

1.3.31. Un vagon, desprins de tren, a parcurs o distanţă $x_m = 720$ m în timpul $t_m = 2{,}00$ min, pînă la oprire. Care a fost viteza iniţială a vagonului şi acceleraţia mişcării?

1.3.32. Un vagon a început să frîneze la viteza $v_0 = 20$ m/s şi s-a oprit după $t_m = 20$ s. Care a fost acceleraţia şi ce distanţă a parcurs vagonul? În cît timp a parcurs prima jumătate din această distanţă? Ce distanţă a parcurs vagonul în prima jumătate a timpului de frînare t_m?

1.3.33. Într-o mişcare uniform variată în timpul $t = 10$ s corpul parcurge distanţa $d = 18$ m, viteza lui crescînd de $n = 5$ ori. Care este acceleraţia corpului?

1.3.34. Un mobil, pornind uniform accelerat fără viteză iniţială, parcurge în al k-lea interval τ o distanţă s_k. Ce distanţă va parcurge mobilul în al n-lea interval τ?

1.3.35. Peste un scripete ideal este trecut un fir cu două corpuri la capete de mase $m_1 = 7{,}0$ kg şi $m_2 = 11$ kg, aflate la acelaşi nivel. După cît timp diferenţa de nivel dintre corpuri va deveni $h = 10$ cm?

1.3.36. Într-o mină este lăsat să coboare uniform accelerat un corp de masă $m = 300$ kg, care în $t = 10{,}0$ s ajunge la o adîncime $h = 40$ m. Care este tensiunea din cablul de suspensie?

1.3.37. Un tren de masă $m = 500$ t se mişcă cu viteza $v_0 = 72$ km/h. Care a fost forţa de frînare dacă distanţa de frînare a fost $d = 200$ m? Care a fost timpul de frînare?

1.3.38. Pe puntea unui bac porneşte uniform accelerat fără viteză iniţială un camion de masă $m = 6{,}0$ t şi parcurge o distanţă $d = 60$ m în timpul $t = 1{,}0$ min. Ce forţă suplimentară apare în cablul care leagă bacul de ţărm?

1.3.39. Un paraşutist cu masa $m = 80$ kg deschide paraşuta în momentul cînd atinge viteza $v_1 = 63$ m/s. După $\tau = 3{,}0$ s viteza lui scade la $v_2 = 4{,}2$ m/s. Să se afle de cîte ori este mai mare tensiunea maximă din cablurile paraşutei decît greutatea paraşutistului.

1.3.40. Un tren de masă $m = 100$ t porneşte accelerat din repaus şi la distanţa $d = 250$ m atinge viteza $v = 36$ km/h. Forţele de rezistenţă constituie o fracţiune $f = 1{,}0\%$ din greutatea trenului. Care este forţa de tracţiune dezvoltată de locomotivă?

1.3.41. De un tren se desprinde la un moment dat ultimul vagon care se mişcă încetinit pînă se opreşte. *a)* Considerînd că din momentul desprinderii trenul se mişcă cu acceleraţia a_1, iar vagonul cu acceleraţia a_2, să se afle raportul dintre distanţa parcursă de tren după desprindere pînă în momentul opririi vagonului şi distanţa parcursă de vagon pînă la oprire. *b)* Ştiind masa trenului M şi a vagonului m şi considerînd că forţele de rezistenţă sînt proporţionale cu greutatea, să se calculeze raportul cerut (forţa de tracţiune este constantă).

1.3.42. Un tren electric de masă $M = 100$ t se mişcă orizontal rectiliniu uniform. La un moment dat se desprinde ultimul vagon de masă $m = 10$ t. Mecanicul observă aceasta abia după ce parcurge o distanţă $d = 270$ m şi atunci întrerupe curentul electric. Considerînd că toate forţele de rezistenţă sînt proporţionale cu greutatea, să se afle la ce distanţă de vagonul desprins se va opri trenul.

MIŞCAREA CORPURILOR SUB ACŢIUNEA GREUTĂŢII

1.3.43. În ce raport este timpul de cădere pe Lună şi pe Pămînt a două corpuri, de la aceeaşi înălţime, fără viteză iniţială ($g_L = 1{,}62$ m/s²)?

1.3.44. Un ciocan este ridicat la înălţimea $h = 44$ cm în timpul $\tau = 0{,}20$ s, după care este lăsat liber să cadă peste piesa forjată. Ce frecvenţă de lovire are ciocanul?

1.3.45. Pentru a verifica timpul de expunere $\tau = 1/20$ s al unui aparat foto, a fost fotografiată căderea liberă a unei bile mici de-a lungul unei rigle

verticale (de la diviziunea zero în jos). Ştiind că imaginea bilei a apărut sub forma unei dungi între diviziunile $x_1 = 16$ cm şi $x_2 = 25$ cm, să se afle timpul real de expunere.

1.3.46. În ultimul interval de timp $\tau = 1,0$ s de cădere liberă un corp parcurge o distanţă de $n = 2$ ori mai mare decît în intervalul τ precedent. De la ce înălţime a căzut corpul?

1.3.47. Dintr-un aerostat, aflat la înălţimea $h = 50$ m şi avînd viteza verticală $v = 13,3$ m/s, cade liber o piatră. Ce viteză va avea piatra la atingerea suprafeţei Pămîntului şi care va fi durata căderii?

1.3.48. O piatră cade liber într-un puţ de mină. Observatorul a înregistrat un timp $\tau = 4,0$ s de la momentul pornirii pietrei pînă în momentul perceperii sunetului de cădere. Ştiind viteza de propagare a sunetului $c = 340$ m/s, să se afle adîncimea puţului de mină.

1.3.49. Un corp de masă $m = 0,50$ kg cade vertical cu acceleraţia $a = 3,8$ m/s^2. Care este forţa medie de rezistenţă a aerului?

1.3.50. O scîndură cu masa $m = 1,00$ kg cade liber de la înălţimea $h = 16$ m într-un interval de timp $t = 2,0$ s. Să se afle forţa medie de rezistenţă întîmpinată de scîndură din partea aerului.

1.3.51. O bilă de masă $m = 0,200$ kg este aruncată vertical în jos cu viteza $v_0 = 2,0$ m/s de la înălţimea $H = 10,0$ m. Bila pătrunde pe o adîncime $h = 10$ cm în pămînt. Care este forţa medie de rezistenţă întîmpinată de bilă în pămînt?

1.3.52. Dintr-un turn cad, fără viteză iniţială, două corpuri, unul după altul la un interval τ. Cum variază în timp distanţa dintre corpuri?

1.3.53. Dintr-un turn cade liber un corp. După un timp τ cade liber din acelaşi turn un al doilea corp. Care va fi legea de mişcare a unui corp faţă de celălalt?

1.3.54. Dintr-un turn cad liber două corpuri la un interval τ. După timpul $t = 1,0$ s de la căderea corpului 2, distanţa dintre corpuri a fost $d = 0,50$ m. Cît este τ?

1.3.55. Dintr-un turn aflat pe o planetă oarecare cade liber un corp. După ce acest corp parcurge o distanţă $d = 4,0$ m, un al doilea corp începe să cadă liber dintr-un punct situat cu $h = 12,0$ m mai jos de vîrful turnului. Care este înălţimea turnului, dacă ambele corpuri au ajuns simultan la suprafaţa planetei? Care este condiţia ca problema să fie posibilă?

1.3.56. Un paraşutist de masă $m = 80$ kg parcurgînd în cădere liberă o distanţă $h = 19,6$ m, deschide paraşuta şi în timpul $\tau = 3,0$ s îşi micşorează uniform viteza de $n = 10$ ori. Care este tensiunea din firele de suspensie ale paraşutei în acest timp?

1.3.57. Două corpuri de mase $m_1 = 2,0$ kg şi $m_2 = 1,0$ kg sînt suspendate prin fire şi printr-un scripete ideal, ca în figura 1.3.57. Unul din firele de suspensie este tăiat în locul indicat pe figură. După cît timp viteza corpului m_1 atinge valoarea $v = 4,9$ m/s?

1.3.58. Se dă sistemul format din trei discuri subţiri, identice (fig. 1.3.58). Dînd drumul discului inferior, să se reprezinte grafic variaţia vitezei sale în funcţie de timp (ciocnirile dintre discuri se consideră neelastice).

1.3.59. Un aerostat urcă fără viteză iniţială cu acceleraţia $a = 1,09$ m/s^2. După timpul $\tau = 15$ s, din aerostat cade liber o piatră. Care va fi timpul de cădere a pietrei?

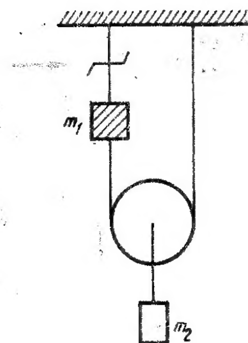


Fig. 1.3.57.

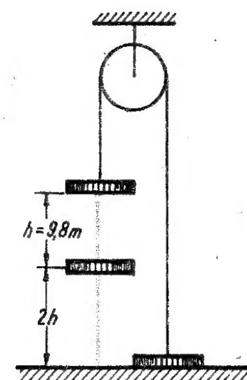


Fig. 1.3.58.

1.3.60. Un corp este aruncat vertical în sus cu viteza iniţială $v_0 = 30$ m/s. Care din graficele din figura 1.3.60 reprezintă corect variaţia componentei $v_y (g = 10$ m/s$^2)$?

1.3.61. Un corp este aruncat vertical în sus cu viteza iniţială v_0. Ecuaţia mişcării este: $y = v_0t - gt^2/2$. Timpul de urcare este $t_u = v_0/g$ (din condiţia de oprire $v = v_0 - gt = 0$) şi este egal cu timpul de coborîre. Dacă în ecuaţia mişcării înlocuim pe t cu $t_u = v_0/g$ obţinem înălţimea maximă $h_{max} = v_0^2/2g$.

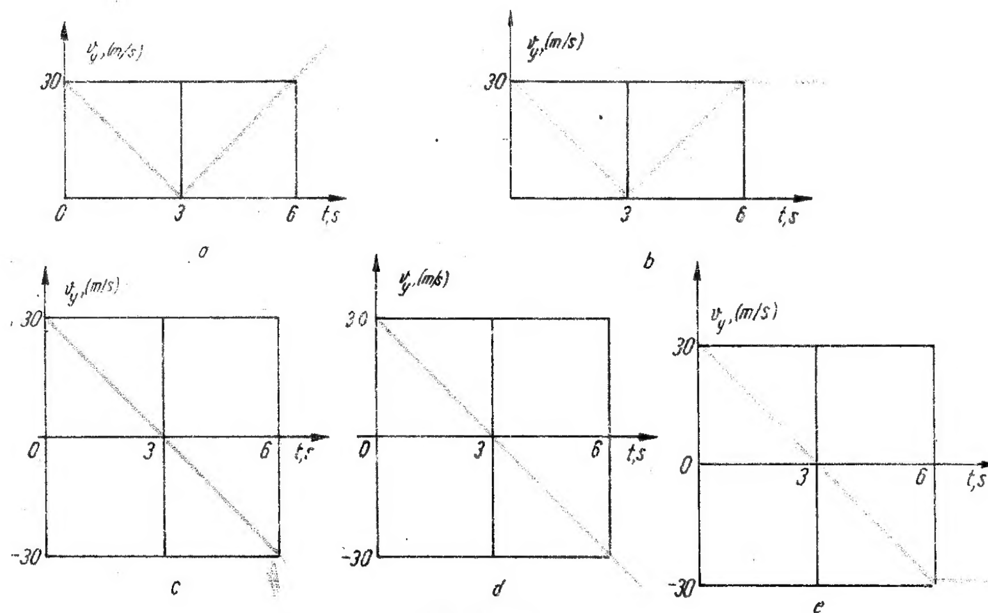


Fig. 1.3.60.

Ce obținem dacă înlocuim pe t cu timpul de urcare plus timpul de coborîre, adică $t = t_u + t_c = 2v_0/g$? Dar dacă înlocuim pe t cu $t = t_u + t_c + t_u = 3v_0/g$?

1.3.62. Un corp este aruncat vertical în sus de la o înălțime $h = 4,9$ m. Care este viteza inițială și cea finală (la ciocnirea cu pămîntul) în cazul în care corpul a parcurs o distanță de $n = 3$ ori mai mare decît h?

1.3.63. De cîte ori trebuie mărită viteza inițială a unei pietre aruncate vertical în sus pentru a mări de $n = 4$ ori timpul de urcare, respectiv înălțimea maximă?

1.3.64. Un corp este aruncat vertical în sus, atinge înălțimea maximă și cade înapoi pe pămînt. Corpul întîmpină din partea aerului o forță de rezistență care crește o dată cu creșterea vitezei. În ce momente accelerația corpului are valori extreme?

1.3.65. Un corp este aruncat vertical în sus. În momentul cînd atinge înălțimea sa maximă $h = 4,9$ m, cu aceeași viteză inițială se aruncă un al doilea corp. La ce înălțime se vor întîlni corpurile?

1.3.66. Dintr-un turn se aruncă simultan și vertical două corpuri: unul în jos cu viteza v_1, iar celălalt în sus cu viteza v_2. Care este legea de mișcare a unui corp față de celălalt?

1.3.67. Un corp este aruncat de la o înălțime $h = 10,0$ m vertical în sus cu viteza $v_1 = 5,0$ m/s. Simultan se aruncă vertical în sus de pe suprafața Pămîntului un al doilea corp cu viteza $v_2 = 15,0$ m/s. După cît timp și la ce înălțime se întîlnesc corpurile? Care este condiția ca ele să se întîlnească în aer?

1.3.68. Unui constructor i s-a cerut să proiecteze unghiul de înclinare al acoperișului unei case, astfel încît ploaia să se scurgă cît mai repede (neglijînd frecările). Care trebuie să fie acest unghi?

1.3.69. Două săniuțe sînt lansate una spre cealaltă de la extremitățile unui plan înclinat neted (fără frecări) de lungime $l = 195$ m, vitezele inițiale fiind $v_{01} = 1,5$ m/s (cea de sus), $v_{02} = 5,0$ m/s (cea de jos) și accelerația $a = 0,20$ m/s^2. După cît timp se întîlnesc săniuțele și la ce distanță de baza planului?

1.3.70. Un corp lunecă fără frecări, o dată pe coarda AB ($AB \ll R$) și a doua oară pe arcul AB al sferei de rază R. Care este durata mișcării?

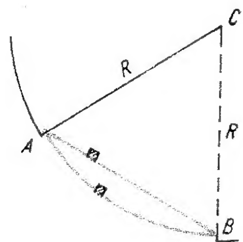


Fig. 1.3.70.

1.3.71. Cu ce viteză v_0 trebuie aruncat orizontal un corp de la înălțimea h, pentru ca bătaia orizontală să fie de n ori mai mare decît înălțimea h?

1.3.72. De cîte ori trebuie mărită înălțimea turnului de tragere orizontală pentru ca bătaia orizontală a proiectilului să crească de n ori?

1.3.73. O piatră este aruncată dintr-un turn, orizontal cu viteza inițială $v_0 = 14,7$ m/s. După cît timp viteza pietrei formează un unghi $\beta = 45°$ cu orizontala?

1.3.74. Care este viteza inițială și finală a unei pietre aruncate orizontal de la o înălțime $h = 20$ m, dacă pe orizontală ea a parcurs o distanța $d = 15$ m?

1.3.75. Un elicopter zboară la altitudinea $h = 44$ m cu viteza $v = 180$ km/h. Din elicopter trebuie aruncat un pachet pe o șalupă care se mișcă cu viteza $v' = 36$ km/h spre elicopter. La ce distanță de șalupă trebuie aruncat pachetul? Care sistem de coordonate este mai potrivit?

1.3.76. Un glonț tras orizontal cu viteza $v = 600$ m/s nimerește exact în centrul unei ținte situate la distanța $d = 200$ m. Depărtînd ținta cu $\Delta x = 20$ m și coborînd-o cu $\Delta y = 25$ cm, să se afle la ce distanță de centrul țintei va lovi acum glonțul.

1.3.77. Din vîrful unui plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ se aruncă orizontal o piatră cu viteza $v_0 = 20$ m/s. Cît timp va zbura piatra?

1.3.78. Asupra unui perete situat la distanța $d = 10$ m se lansează două bile, una după alta, normal pe perete, cu vitezele $v_1 = 10$ m/s și $v_2 = 15$ m/s. Care va fi distanța dintre punctele de lovire a peretelui?

1.3.79. Dintr-un turn se lasă să cadă liber un corp și simultan se lansează orizontal cu viteza inițială v_0 un al doilea corp. Vor cădea *simultan* corpurile pe Pămînt?

1.3.80. Din două ferestre ale unui bloc turn se aruncă orizontal două obiecte cu vitezele $v_1 = 4,0$ m/s și $v_2 = 6,0$ m/s. Ambele corpuri cad simultan pe Pămînt, corpul *1* căzînd la distanța $d_1 = 8,0$ m de bloc. Să se afle înălțimile de la care cad corpurile, timpurile de cădere și distanța de cădere a corpului 2.

1.3.81. Să se reprezinte grafic (calitativ) variația componentelor vitezei v_x, v_y în funcție de timp la un corp aruncat oblic în cîmpul gravitațional terestru (în vid).

1.3.82. De cîte ori crește bătaia unui proiectil dacă viteza sa inițială crește de n ori în cazul tragerii oblice sub același unghi? Dar bătaia orizontală în cazul tragerii orizontale dintr-un turn?

1.3.83. Sub ce unghi trebuie aruncat un corp pentru ca bătaia să fie de $n = 3$ ori mai mare decît înălțimea maximă?

1.3.84. Un avion, aflat în picaj pe o traiectorie rectilinie cu viteza $v_0 = 200$ m/s sub unghiul $\alpha = 60°$ față de orizontală, aruncă un proiectil de la înălțimea $h = 1,00$ km asupra unei ținte. La ce distanță de țintă, măsurată pe orizontală, se află avionul?

1.3.85. Un proiectil, lansat cu viteza $v_0 = 240$ m/s sub unghiul $\alpha = 60°$ față de orizontală, lovește vîrful unui deal de înălțime $h = 500$ m. Care este distanța orizontală pînă la țintă și durata mișcării proiectilului?

1.3.86. O pasăre zboară orizontal, rectiliniu uniform cu viteza $u = 3,0$ m/s. Un elev o observă la un moment dat și aruncă spre ea o piatră cu viteza $v_0 = 10$ m/s sub unghiul $\alpha = 60°$ sub care o vede atunci. La ce înălțime zbura pasărea, dacă piatra nimerește totuși ținta?

1.3.87. Un corp este aruncat sub un unghi $\alpha = 30°$. La locul căderii este o rîpă de adîncime $h = 30$ m, în care corpul cade timp de $\tau = 0,80$ s. Ce viteză inițială a avut corpul și la ce distanță pe orizontală a căzut corpul?

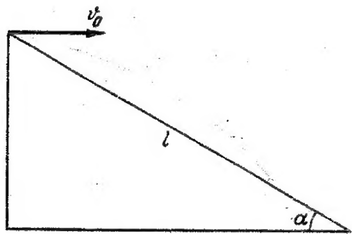


Fig. 1.3.88

1.3.88. Un corp, aruncat orizontal din vîrful unui plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$, a căzut pe planul înclinat la distanța $l = 9,8$ m de la vîrf (fig. 1.3.88). Cu ce viteză inițială a fost aruncat corpul?

1.3.89. La ce distanță maximă se poate arunca o bilă într-o sală de sport care are înălțimea $H = 7,5$ m, dacă bila are viteza inițială $v_0 = 20$ m/s și se aruncă de la o înălțime $h = 1,5$ m?

1.3.90. O bilă, aruncată cu viteza v, sub unghiul $\alpha = 30°$, cade la baza unui turn. Mărind viteza cu $f = 0,05 = 5\%$, bila lovește turnul la înălțimea $h = 2,0$ m. Care a fost viteza v?

1.3.91. O piatră aruncată cu viteza $v_0 = 8,0$ m/s sub unghiul $\alpha = 60°$ față de orizontală, după ce parcurge o distanță orizontală $d = 4,0$ m lovește un stilp. La ce înălțime deasupra solului?

1.3.92. Din vîrful unui munte de înălțime $h = 1,00$ km se trage un proiectil cu viteza $v_0 = 700$ m/s sub unghiul $\alpha = 30°$ față de orizontală. La ce distanță (pe orizontală) va cădea proiectilul și care va fi timpul de zbor?

1.3.93. O țintă de pe un deal se vede sub unghiul $\beta = 30°$ față de orizontală. Distanța pe orizontală pînă la țintă este $d = 4,4$ km. Știind unghiul de tragere $\alpha = 45°$, să se afle viteza obuzului.

1.3.94. Dintr-un punct se aruncă simultan o mulțime de bile identice, cu aceeași viteză $v_0 = 4,0$ m/s, simetric în toate părțile. Care este raza cercului (situat pe suprafața Pămîntului) în interiorul căruia cad $f = 0,50 = 50\%$ din numărul total de bile?

1.3.95. Două corpuri sînt aruncate simultan din același loc cu aceeași viteză $v_0 = 2,0$ m/s, dar sub unghiurile $\alpha_1 = 45°$, respectiv $\alpha_2 = -45°$. Care este viteza relativă a corpului *2* față de *1*?

1.3.96. Un corp este aruncat vertical în sus cu viteza $v_0 = 30$ m/s. După un timp τ, la distanța $d = 20$ m, dintr-un turn de înălțime $h = 40$ m se aruncă orizontal spre primul corp, un al doilea corp cu viteza $u = 20$ m/s. Cît trebuie să fie intervalul de timp τ încît cele două corpuri să se întîlnească în aer?

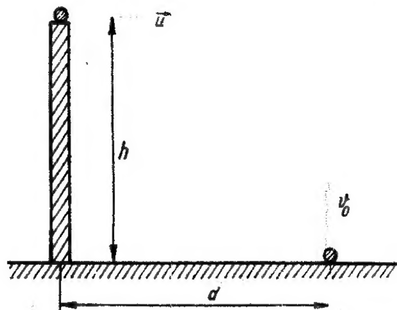


Fig. 1.3.96

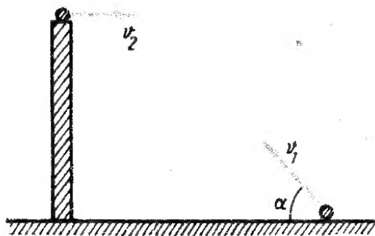


Fig. 1.3.97

1.3.97. Un corp este aruncat cu viteza $v_1 = 20$ m/s sub unghiul $\alpha = 30°$. Simultan dintr-un turn de înălțime $h = 10$ m, situat la distanța d (pe orizontală) de la locul aruncării primului corp, se aruncă orizontal spre primul corp un alt corp cu viteza $v_2 = 23$ m/s. Care este distanța d, dacă cele două corpuri se întîlnesc în aer?

1.3.98. Dintr-un turn de înălțime $H = 10$ m cade liber un corp. Simultan de pe pămînt, la o distanță $d = 17,3$ m față de baza turnului, se lansează un alt corp, astfel încît cele două corpuri să se întîlnească în aer. Să se afle viteza și unghiul de lansare.

FORȚELE DE FRECARE

1.3.99. Un copil trage rectiliniu uniform o sanie pe un drum orizontal cu o forță $F = 20$ N orientată sub un unghi $\alpha = 60°$ față de orizontală. Care este forța de frecare?

1.3.100. Un corp de masă m se mișcă uniform pe un plan orizontal sub acțiunea forței F dirijată sub unghiul α față de viteza corpului. Forța de frecare este: *a)* μmg, *b)* $\mu F \sin\alpha$, *c)* $F \cos\alpha$, *d)* $\mu F \cos\alpha$, *e)* $\mu(mg - F\sin\alpha)$. Care răspuns este corect? Dar dacă mișcarea corpului este accelerată?

1.3.101. Pe o masă stă un corp de masă $m = 1,02$ kg. Asupra sa acționează orizontal o forță, reprezentată în figura 1.3.101, *a*. Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,20$. Care din graficele din figura 1.3.101, *b* reprezintă corect variația forței de frecare dintre corp și plan?

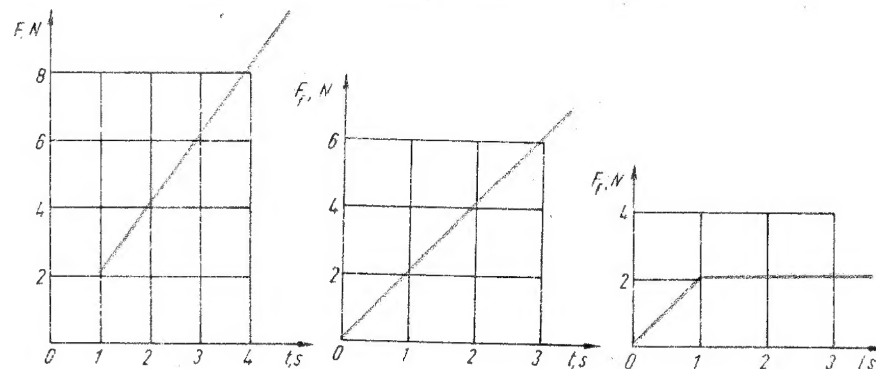


Fig. 1.3.101, *a*

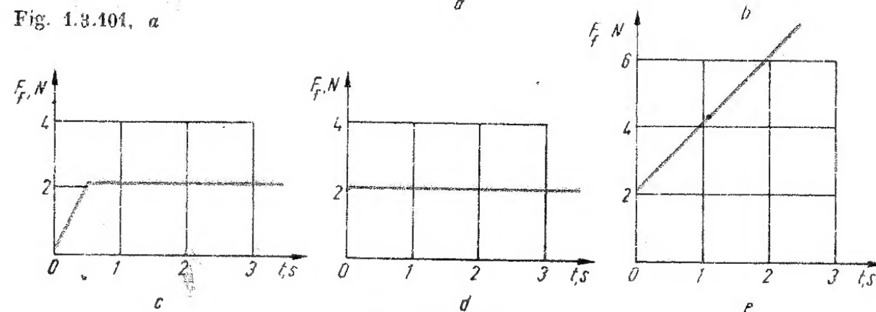


Fig. 1.3.101, *b*

1.3.102. Un disc, lansat orizontal pe suprafața gheții, se oprește în timpul $t_m = 10$ s, parcurgînd distanța $s_m = 49$ m. Să se afle coeficientul de frecare la alunecare.

1.3.103. Pentru a afla coeficientul de frecare la alunecare între anvelope și asfalt, un automobil, cu viteza inițială $v_0 = 54$ km/h, frînează cu roțile blocate, parcurgînd o distanță $s_m = 41$ m pînă la oprire. Să se afle coeficientul de frecare la alunecare.

1.3.104. Un tren cu viteza $v_0 = 72$ km/h începe să frîneze uniform. Care trebuie să fie timpul minim de frînare pentru ca o farfurie așezată pe o masă în tren să nu alunece (avînd $\mu = 0,20$)?

1.3.105. Două mașini identice merg cu aceeași viteză pe șosea, una fiind încărcată cu marfă, iar cealaltă fără bagaje. La observarea unui obstacol, ambele mașini frînează simultan, blocînd roțile. Care din mașini se oprește mai repede?

1.3.106. Un corp de masă $m = 100$ kg este tras de o forță $F = 400$ N sub un unghi $\alpha = 30°$ față de orizontală, ca în figura 1.3.106. Care este accelerația corpului, dacă unghiul de frecare este $\varphi = 15°$? Sub ce unghi trebuie să tragem corpul astfel ca accelerația să fie maximă?

1.3.107. Un corp de masă $m = 20$ kg este tîrît pe o suprafață orizontală cu o forță $F = 120$ N. Dacă această forță este aplicată corpului sub unghiul $\alpha_1 = 60°$ (față de orizontală), atunci corpul se mișcă uniform. Cu ce accelerație se va mișca corpul, dacă aceeași forță se aplică sub unghiul $\alpha_2 = 30°$?

1.3.108. Pe polei putem merge doar făcînd pași mici, pentru a nu aluneca. Ce lungime trebuie să aibă pasul dacă lungimea piciorului este $l = 1,0$ m, iar unghiul de frecare $\varphi = 6°$?

1.3.109. Dacă la o locomotivă de masă $m = 100$ t o fracțiune $\eta = 0,50$ din greutatea sa revine roților motoare și coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,20$, iar forțele de rezistență întîmpinate de tren reprezintă o fracțiune $f = 0,010$ din greutatea trenului, ce masă maximă poate avea trenul pe un drum orizontal, dacă accelerațiile sînt sub $a_{max} = 0,20$ m/s²?

1.3.110. Un lanț este așezat pe o masă, astfel încît o parte a sa atîrnă liber. Lanțul începe să alunece în momentul cînd această parte constituie o fracțiune $f = 0,20$ din lungimea lanțului. Care este coeficientul de frecare la alunecare?

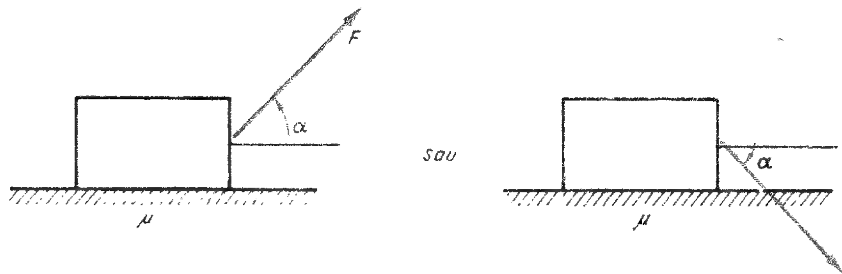


Fig. 1.3.106

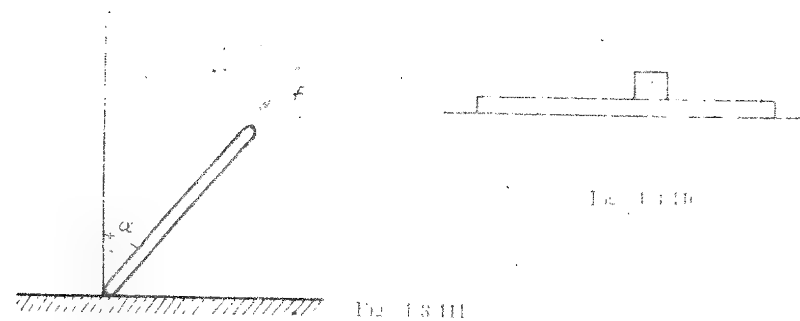


Fig. 1.3.111

Fig. 1.3.116

1.3.111. O bară este împinsă spre podea cu ajutorul unei forțe F ca în figura 1.3.111. Să se demonstreze că dacă $\alpha < \varphi$ (unghi de frecare), bara nu va putea să alunece oricare ar fi valoarea forței F.

1.3.112. Un corp cilindric omogen de lungime l este tras orizontal cu o forță F. Coeficientul de frecare la alunecare dintre corp și planul orizontal este μ. Care este tensiunea din cilindru într-o secțiune situată la distanța [illegible] de capătul opus?

1.3.113. Pe o scîndură orizontală stă un corp. Coeficientul de frecare la alunecare dintre corp și scîndură este $\mu = 0,20$. Cu ce accelerație orizontală trebuie trasă scîndura pentru ca să alunece corpul pe scîndură?

1.3.114. Pe platforma unui vagonet de masă $M = 20$ kg se află o ladă de masă $m = 2,0$ kg de care se trage orizontal cu o forță $F = 2,0$ N. Vagonetul se mișcă fără frecare, iar între ladă și platformă coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,25$. Care va fi accelerația sistemului? Dar pentru $F = 6,0$ N?

1.3.115. Pe o masă stă o scîndură de masă $m_1 = 1,0$ kg pe care este așezat un corp de masă $m_2 = 2,0$ kg. Coeficientul de frecare la alunecare dintre masă și scîndură este $\mu_1 = 0,30$, iar între corp și scîndură $\mu_2 = 0,20$. Cu ce forță minimă trebuie trasă scîndura pentru ca să alunece corpul pe scîndură?

1.3.116. Un corp de masă $m_1 = 1,00$ kg stă pe o scîndură de masă $m_2 = 4,00$ kg, care la rîndul ei stă pe o masă orizontală fără frecare. Coeficientul de frecare la alunecare între corp și scîndură $\mu = 0,20$. Asupra [illegible] se exercită o forță orizontală $F = ct$, unde $c = 5,0$ N/s. Care vor fi accelerațiile corpurilor (fig. 1.3.116)?

1.3.117. Un corp este aruncat, o dată sub unghiul α_0 = [illegible] și a doua oară orizontal, cu aceeași viteză, pe o suprafață orizontală cu coeficientul de frecare $\mu = 0,25$. De cîte ori este mai mare distanța în ultimul caz față de primul?

1.3.118. O tijă uniformă se află în interiorul unei sfere. Lungimea tijei este egală cu raza sferei, iar coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,20$. Ce unghi maxim față de orizontală poate avea tija?

1.3.119. Să se afle accelerația corpului de masă $m = 10$ kg și tensiunea din fir în cele două variante din figura 1.3.119 (pag. 22). Coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,10$.

1.3.120. Pe un plan orizontal sînt legate unul de altul printr-un fir două corpuri de mase $m_1 = 5,0$ kg, $m_2 = 3,0$ kg. De corpul m_1 este legat un corp de masă $M = 2,00$ kg cu un fir trecut peste un scripete ideal (fig. 1.3.120). Coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,20$. Să se afle accelerația sistemului și tensiunile din fire. Ce forță de apăsare se exercită asupra scripetelui?

1.3.121. Pe un plan orizontal, cu coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,30$, sînt așezate două corpuri de mase $m_1 = 200$ g, $m_2 = 300$ g, legate printr-un fir. De corpul m_1 este legat un alt corp de masă $M = 200$ g printr-un fir trecut peste un scripete ideal ca în figura 1.3.120. Să se afle accelerația sistemului și tensiunile din fire. Care va fi accelerația sistemului și tensiunile din fire, în cazul în care corpul M se dezleagă și în locul său se trage în jos cu o forță egală cu greutatea sa, Mg?

1.3.122. Pe platforma unui vagonet de masă $M = 6,0$ kg este așezat un corp de masă $m = 2,0$ kg. Corpul m este tras printr-un fir trecut peste doi scripeți ideali ca în figura 1.3.122. Coeficientul de frecare la alunecare între corp și platformă este $\mu = 0,30$. Care este forța minimă necesară, în cele două variante:

a) forță orizontală;
b) forță verticală,

astfel încît corpul m să alunece pe platformă?

1.3.123. Un corp alunecă pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 45°$, fără viteză inițială. După ce parcurge o distanță $d = 0,36$ m, corpul capătă viteza $v = 2,0$ m/s. Care este coeficientul de frecare?

1.3.124. Un corp alunecă pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 45°$ după legea $x = ct^2$, unde $c = 2,42$ m/s^2. Care este coeficientul de frecare la alunecare?

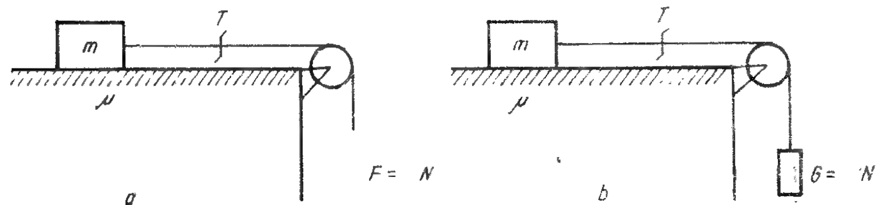


Fig. 1.3.119

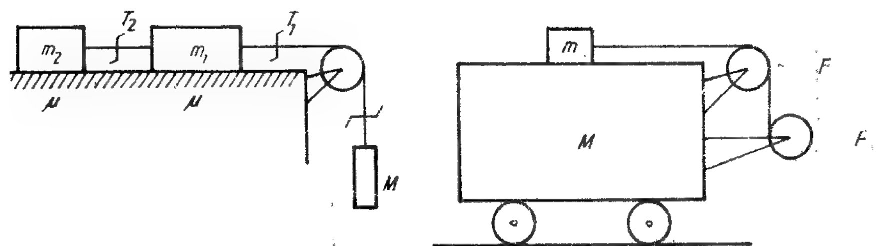


Fig. 1.3.120 Fig. 1.3.122

1.3.125. Ce lungime l trebuie să aibă un plan înclinat, de pantă $p = 0,040$ ($= \text{tg}\,\alpha$), pentru ca viteza atinsă la baza planului de un corp care alunecă liber în jos, fără viteză inițială, să fie $v_0 = 4,0$ m/s? Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,020$.

1.3.126. De pe un deal de înălțime $h = 2,0$ m și bază $b = 5,0$ m coboară o săniuță care se oprește parcurgînd un drum orizontal $d = 35$ m de la baza planului. Care este coeficientul de frecare?

1.3.127. În cît timp un corp coboară liber pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 60°$ și înălțime $h = 1,0$ m, dacă pe același plan înclinat de unghi $\varphi = 30°$ el coboară uniform?

1.3.128. Pe un plan înclinat stă liber un corp fără să alunece. Putem face să alunece corpul în jos apăsîndu-l cu o forță verticală?

1.3.129. Acoperișul unei case este înclinat cu $\alpha = 15°$ față de orizontală. Va putea merge în sus pe acoperiș un om, coeficientul de frecare la lunecare fiind $\mu = 0,30$? Dar dacă acoperișul s-a acoperit cu polei și coeficientul de frecare la alunecare este acum $\mu' = 0,030$?

1.3.130. Un corp cu masa $m = 20$ t este lăsat să alunece uniform în jos pe un plan înclinat cu ajutorul unui cablu, întins paralel cu planul înclinat. Unghiul planului $\alpha = 45°$, coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,20$. Care este tensiunea din cablu? Dar dacă același corp este tras uniform în sus?

1.3.131. Un corp de masă $m = 120$ kg este tîrît uniform în sus de-a lungul unui plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ cu ajutorul unei forțe $F = 60$ N. Cu ce accelerație va aluneca în jos corpul dacă îl lăsăm liber?

1.3.132. Pe un plan este așezat un corp de masă m, coeficientul de frecare la alunecare fiind μ. Cum depinde forța de frecare de unghiul de înclinare al planului? Să se reprezinte grafic variația forței de frecare în funcție de unghiul de înclinare.

1.3.133. Pentru a separa semințele de impurități se poate folosi o bandă rulantă înclinată convenabil care se mișcă în sus și pe care se toarnă treptat semințele cu impurități. Ce unghi de înclinare trebuie să aibă această bandă, coeficienții de frecare la alunecare pentru semințe și impurități fiind respectiv $\mu_1 = 0,43$, $\mu_2 = 0,32$?

1.3.134. Ce pantă trebuie să aibă planul înclinat din figura 1.3.134 pentru ca lada încărcată, de masă $M = 1,00$ t, să ridice prin intermediul scripetelui ideal, $N = 10$ lăzi goale, de masă $M_0 = 20$ kg fiecare. Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,20$.

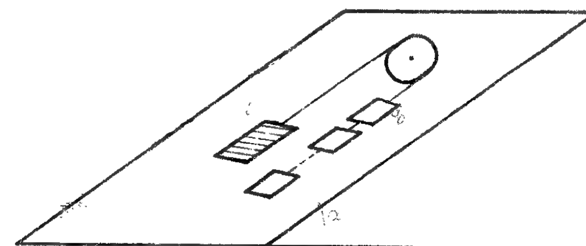


Fig. 1.3.134

1.3.135. Cu ce forță minimă orizontală trebuie să acționăm asupra unui corp de masă $m = 1,00$ kg așezat pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ încît corpul să rămînă în repaus? Unghiul de frecare la lunecare $\varphi = 11°20'$.

1.3.136. O sanie de masă $m = 70$ kg alunecă liber în jos pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 45°$, cu coeficientul de frecare $\mu = 0,10$. Ea întîmpină din partea aerului o forță de rezistență $F_r = kv^2$, unde $k = 0,70$ N/(m/s)^2. Ce viteză maximă poate atinge sania?

1.3.137. Un corp de masă $m = 20$ kg este împins în sus de-a lungul unui plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$, cu coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,050$, cu ajutorul unei forțe *orizontale* $F = 500$ N. Ce accelerație are corpul?

1.3.138. Un cilindru alunecă pe un jgheab înclinat de unghi $\alpha = 30°$, jgheab sub formă de unghi diedru cu deschiderea $\beta = 60°$. Coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,20$. Ce accelerație va avea cilindrul?

1.3.139. Pentru ce valoare a coeficientului de frecare poate un om să urce uniform accelerat (fără viteză inițială) un plan înclinat de înălțime $h = 10$ m, de unghi $\alpha = 0,10$ rad, în timpul $t = 10$ s? Ce viteză minimă va avea omul care coboară înapoi uniform accelerat același plan, coeficientul de frecare fiind $\mu = 0,050$?

1.3.140. Între ce limite trebuie să fie cuprinsă accelerația orizontală a unui plan înclinat de unghi $\alpha = 45°$ pentru ca un corp așezat pe acest plan să rămînă în echilibru relativ față de plan, unghiul de frecare la alunecare fiind $\varphi = 6°$?

1.3.141. Cu ce accelerație coboară liber pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 60°$ două corpuri de mase $m_1 = 200$ g, $m_2 = 300$ g legate între ele printr-o tijă rigidă ușoară, paralelă cu planul? Coeficienții de frecare la alunecare pentru corpuri sînt respectiv $\mu_1 = 0,30$, $\mu_2 = 0,20$. Care este tensiunea din tijă?

1.3.142. Un corp este tîrît cu accelerația $a = 20$ m/s^2 în sus de-a lungul unui plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ cu o forță F care face unghiul $\beta > \alpha$ cu orizontala. Unghiul de frecare cu planul $\varphi = 15°$. Pentru ce unghi β forța F va fi minimă? Dar pentru accelerația $a = 30,1$ m/s^2?

1.3.143. O platformă de masă $M = 140$ kg alunecă liber în jos pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 6°$ cu coeficientul de frecare $\mu = 0,20$. Pe platformă stă un om de masă $m = 70$ kg. Cum trebuie să meargă omul pe platformă pentru ca platforma să alunece uniform?

1.3.144. Cu ce accelerație trebuie să coboare un automobil de masă $M = 673$ kg pe o scîndură de masă $m = 27$ kg așezată pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ pentru ca scîndura să alunece uniform în sus? Coeficientul de frecare la alunecare dintre scîndură și planul înclinat $\mu = 0,20$.

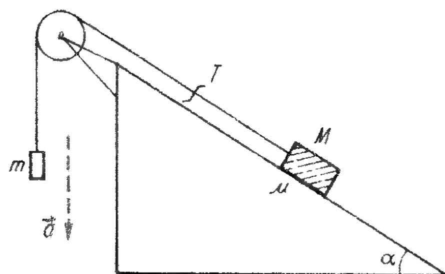


Fig. 1.3.145

1.3.145. Pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ este așezat un corp de masă $M = 3,0$ kg cu coeficientul de frecare la lunecare $\mu = 0,20$. De corp este legat un fir întins paralel cu planul, trecut peste un scripete ideal din vîrful planului și legat de un corp de masă $m = 4,0$ kg (fig. 1.3.145).

a) Care este accelerația sistemului și tensiunea din fir?

b) Ce forță de apăsare se exercită asupra scripetelui?

1.3.146. Două corpuri de mase $m_1 = 100$ g, $m_2 = 200$ g sînt legate printr-un fir trecut peste un scripete ideal fixat în vîrful unui dublu plan înclinat (unghi diedru) de unghiuri $\alpha_1 = 30°$, $\alpha_2 = 60°$ ca în figura 1.3.146. Coeficienții de frecare sînt respectiv $\mu_1 = 0,20$, $\mu_2 = 0,30$. Să se afle:

a) accelerația sistemului și tensiunea din fir;

b) ce forță de apăsare se exercită asupra scripetelui.

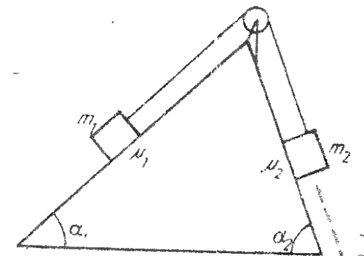


Fig. 1.3.146

1.3.147. Într-un vagon este suspendat un corp de masă $m = 1,00$ kg printr-un fir prins de tavan. Vagonul merge cu accelerația $|\vec{a}| = 4,9$ m/s^2, o dată pe plan orizontal, apoi pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ (în sus și în jos). Care va fi unghiul de deviere al firului de suspensie față de verticală și tensiunea din fir? Dar dacă vagonul alunecă liber, unghiul de frecare la alunecare fiind $\varphi = 15°$?

MIȘCAREA CIRCULARĂ UNIFORMĂ

1.3.148. Ce viteză are un tractor cu șenile dacă roata motoare are diametrul $D = 60$ cm și turația $n = 90$ rot/min?

1.3.149. Care este viteza momentană (față de teren) a punctelor A, B de pe roata de automobil din figura 1.3.149, dacă automobilul merge cu viteza v?

1.3.150. Peste un mosor orizontal de rază $R = 10$ cm este înfășurată o ață. De un capăt se trage orizontal cu viteza $v_1 = 2,0$ m/s, iar de celălalt cu $v_2 = 4,0$ m/s (fig. 1.3.150). Care va fi viteza unghiulară de rotație a mosorului?

1.3.151. Un furtun de lungime $l = 5$ m este înfășurat pe un tăvălug cilindric. Apucînd de capătul furtunului și trăgîndu-l orizontal un om se depărtează de tăvălug pînă se derulează complet furtunul. Considerînd că tăvălugul se rostogolește fără alunecare, ce distanță parcurge omul?

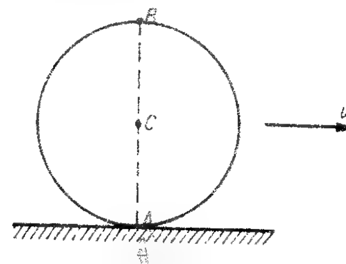


Fig. 1.3.149

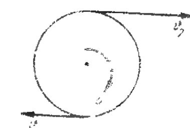


Fig. 1.3.150

1.3.152. Globul terestru are perioada de rotație proprie $T = 23$ h 56 min 4 s. De ce atunci ceasornicele noastre sînt prevăzute pentru 24 h — durata unei zile și nopți — și nu întîrzie cu ≈ 4 min pe zi?

1.3.153. Din cauza rotației Pămîntului, corpurile nu cad după direcția forței de greutate (a firului cu plumb). Să se evalueze deviația unui corp care cade de la o înălțime $h = 490$ m la latitudinea $\varphi = 60°$.

1.3.154. Care este perioada de rotație proprie a Lunii știind perioada de revoluție a Lunii în jurul Pămîntului $T = 28$ zile?

1.3.155. Cu ce viteză se deplasează umbra Lunii pe suprafața terestră în timpul eclipsei de Soare, observată la ecuator? Se va considera că axa terestră este perpendiculară pe planul orbitelor Pămîntului și Lunii. Se dau $R_{PL} = 384 \cdot 10^3$ km, $T_L = 28$ zile, $R_P = 6\,400$ km.

1.3.156. O planetă are perioada rotației proprii $T_0 = 24$ h, iar perioada de revoluție în jurul stelei $T = 1$ an. Satelitul planetei are perioada de revoluție în jurul planetei $T' = 30$ zile. Considerînd că toate corpurile se rotesc în acelaș plan, să se afle perioada de repetiție a eclipsei satelitului, observată de pe planetă. Dar observată dintr-un anumit loc al planetei?

1.3.157. De un stîlp vertical cu secțiune pătrată de latură $b = 20$ cm este legat un fir orizontal de lungime $l = nb$, unde $n = 10$, cu o bilă la capăt, așezată pe un plan orizontal ca în figura 1.3.157. I se imprimă bilei o viteză $v = 10$ m/s perpendicular pe fir. Unghiul $\alpha = 30°$. Neglijînd frecările, să se afle după cît timp firul se va înfășura pe stîlp.

1.3.158. Ce rază minimă de viraj poate lua un biciclist, cu viteza $v = 24$ km/h, dacă unghiul maxim de înclinare poate fi $\alpha = 30°$?

1.3.159. Un om suportă acceptabil o sporire a greutății sale de $n = 5$ ori. Ce rază minimă de viraj este atunci permisă unui avion cu reacție care zboară cu viteza $v = 1080$ km/h?

1.3.160. Cu ce unghi se înclină un planor care face un viraj de rază $R = 250$ m cu viteza $v = 180$ km/h?

1.3.161. De ce o monedă, care se rostogolește pe masă, își curbează traiectoria înainte de a cădea?

1.3.162. Cu ce unghi va devia bila unui regulator centrifugal, fixată pe o tijă de lungime $l = 22$ cm, avînd turația $n = 90$ rot/min?

1.3.163. La marginea unui disc de rază $R = 0{,}50$ m este fixată o tijă-suport verticală avînd un fir de lungime $l = 0{,}40$ m, la capătul căruia este prinsă o bilă. Cu ce turație se rotește discul dacă firul a deviat cu unghiul $\alpha = 60°$?

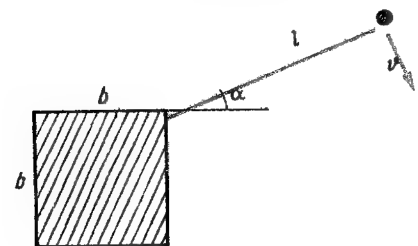


Fig. 1.3.157

1.3.164. Într-un vagon care virează cu viteza $v = 72$ km/h pe o curbă de rază $R = 400$ m este cîntărit un corp cu ajutorul unui dinamometru. Cu cît la sută este mai mare greutatea aparentă, măsurată, decît cea reală?

1.3.165. O tijă uniformă de masă m și lungime l se rotește cu viteza unghiulară ω într-un plan orizontal în jurul unei axe verticale trecînd printr-un capăt al tijei. Care va fi tensiunea T în tijă în secțiunea depărtată cu x de axa de rotație?

1.3.166. În mașinile centrifuge cele două eprubete diametral opuse, trebuie umplute la fel. De ce?

1.3.167. De ce piesele turnate prin centrifugare nu conțin bule de gaz și incluziuni nemetalice?

1.3.168. Un uscător centrifugal are turația $n = 1200$ rot/min. De cîte ori forța centrifugă este mai mare decît greutatea unei picături situate la distanța $R = 20$ cm de axa de rotație?

13.169. Un vapor cu masa $m = 3000$ t a trecut din Arctica în regiunea ecuatorială. Cu cît se schimbă greutatea sa? Se schimbă linia de plutire?

1.3.170. Un corp de masă $m = 1{,}0$ kg, fixat la capătul unei tije de lungimea $l = 1{,}0$ m, este rotit uniform cu turația $n = 1{,}0$ rot/s într-un plan vertical. Care este tensiunea din bară în punctele inferior și superior?

1.3.171. Cu ce viteză trebuie să meargă un motociclist pe un pod convex cu raza de curbură $R = 50$ m, pentru ca în punctul pentru care raza cercului de curbură face unghiul $\alpha = 60°$ cu verticala, presiunea asupra podului să fie nulă?

1.3.172. Un camion poate dezvolta o forță de tracțiune maximă $F_{max} = 15$ kN pe un drum orizontal. Ce forță de tracțiune maximă poate dezvolta camionul dacă merge cu viteza $v = 72$ km/h pe un drum (pod) curbat, convex sau concav, cu raza $R = 40$ m?

1.3.173. Un aviator de masă $m = 70$ kg execută o buclă („loop") de rază $R = 800$ m în planul vertical, cu viteza $v = 720$ km/h. Cu ce forță apasă aviatorul asupra scaunului în punctul superior, respectiv inferior, al traiectoriei?

1.3.174. Cu ce viteză *constantă maximă* se poate mișca un camion pe un pod convex de rază $R = 200$ m și de lungime $l = 100$ m, coeficientul de frecare între anvelope și șosea fiind $\mu = 0{,}30$?

1.3.175. Un șofer observă la un moment dat șoseaua barată. Cum este mai avantajos: să frîneze sau să vireze pentru a evita o ciocnire?

1.3.176. Cu ce unghi maxim (față de verticală) se poate înclina un motociclist la viraj dacă unghiul de frecare este $\varphi = 14°$?

1.3.177. Un patinator are viteza $v = 36$ km/h, coeficientul de frecare la alunecare fiind $\mu = 0{,}10$. Cu ce unghi maxim se poate înclina patinatorul fără a cădea? Care este raza minimă de viraj?

1.3.178. Pe un disc orizontal care se rotește în jurul axei sale cu turația $n = 30$ rot/min, este așezat un corp la distanța $R = 19{,}6$ cm de centru. Cît trebuie să fie coeficientul de frecare la alunecare pentru ca să nu alunece corpul pe disc?

1.3.179. La un viraj de rază $R = 100$ m șoseaua este înclinată (adică partea opusă „supraînălțată") cu unghiul $\alpha = 15°$. Din cauza poleiului unghiul de frecare a devenit mai mic decît unghiul de înclinare α. Dacă viteza maximă posibilă la viraj este $v_{max} = 77$ km/h, care este unghiul de frecare și care va fi viteza minimă?

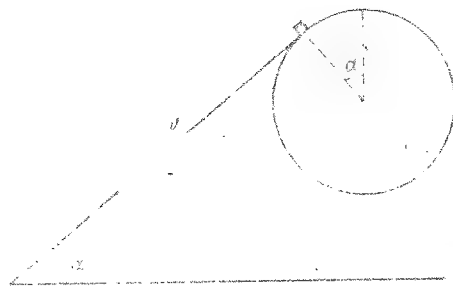


Fig. 1.3.180

1.3.180. O bandă rulantă urcă niște corpuri sub unghiul $\alpha = 60°$. Cu ce viteză trebuie să urce banda rulantă încît corpurile să se desprindă de bandă în punctul de contact al benzii cu tamburul superior de rază $R = 0{,}40$ m (fig. 1.3.180).

1.3.181. Pentru determinarea vitezei unui glonț se iau două discuri de carton, se așază pe același ax la distanța $d = 0{,}50$ m între ele, se pun în rotație cu turația $n =$ [illegible] rot/min și se trage glonțul paralel cu axul. Să se afle viteza glonțului, știind că orificiul din al doilea disc este deplasat cu unghiul $\theta =$ [illegible] față de orificiul din primul disc.

1.3.182. Un pahar tronconic are diametrul bazei $D = 10$ cm și unghiul de înclinare al pereților $\alpha =$ [illegible] (față de verticală). La ce turație a paharului în jurul axei sale, o bilă aflată în pahar va fi azvîrlită afară? Frecarea este neglijabilă.

1.3.183. Pe suprafața interioară a unei sfere de rază $R = 60$ cm poate aluneca fără frecare o bilă de rază $r = 10$ cm. Care va fi poziția de echilibru a bilei (unghiul dintre raza vectoare dusă din centrul sferei spre bilă și verticală), dacă sfera se rotește cu turația $n = 1{,}0$ rot/s în jurul diametrului vertical?

1.3.184. O sferă de rază $R = 40$ cm se rotește o dată cu viteza unghiulară $\omega_1 = 5{,}0$ rad/s, apoi cu $\omega_2 = 8{,}0$ rad/s, în jurul diametrului ei vertical. În interiorul sferei au fost aruncate niște fire de nisip. Considerînd frecarea neglijabilă, unde vor sta firele de nisip?

1.3.185. La periferia unei platforme orizontale rotunde de rază $R = 10$ m, care se rotește cu turația $n = 2{,}0$ rot/min, merge un motociclist cu viteza $u = 30$ km/h *față de platformă*. Cît trebuie să fie coeficientul de frecare la alunecare pentru ca motociclistul să nu alunece?

1.3.186. Unui disc subțire, așezat pe un plan orizontal, i se imprimă o mișcare de rotație și o mișcare de translație. Ce traiectorie va avea centrul discului? În ce caz discul parcurge o distanță mai mare pînă la oprire, cînd $\omega_0 = 0$ sau cînd $\omega_0 \neq 0$ (v_0 fiind același)?

1.3.187. Peste suprafața exterioară a unui con cu deschiderea $2\alpha = 90°$ este așezat orizontal un lănțișor de masă $m = 0{,}400$ kg și lungime $l = 1{,}00$ m cu capetele legate între ele, astfel încît el se rotește o dată cu conul cu viteza unghiulară $\omega = 6{,}0$ rad/s în jurul axei sale verticale. Ce tensiune va fi în lănțișor?

1.3.188. Care trebuie să fie coeficientul minim de frecare la alunecare între anvelope și suprafața exterioară a unui con circular (cu vîrful în sus) cu deschiderea $2\alpha = 120°$ pentru ca un motociclist să poată descrie un cerc orizontal de rază $R = 100$ m cu viteza $v = 10$ m/s?

1.3.189. O tijă verticală de lungime $l = 1{,}00$ m are prinse la capete două fire de același fel sub unghiurile $\alpha = 60°$, respectiv $\beta = 30°$, astfel încît la capătul comun este prinsă o bilă de masă $m = 0{,}200$ kg (fig. 1.3.189). Sistemul se pune în rotație cu viteze unghiulare din ce în ce mai mari. Care dintre fire se va rupe primul?

1.3.190. Un cilindru de masă $m = 100$ g, adus în mișcare de rotație, este așezat într-un unghi diedru $2\alpha = 60°$. Cunoscînd unghiul de frecare cu planele, $\varphi = 15°$, să se afle forțele care lucrează asupra cilindrului (fig. 1.3.190).

1.3.191. Prin „supraînălțarea" părții exterioare a șoselei, la curbe, cu unghiul α, viteza maximă realizabilă crește. Să se afle de cîte ori crește această viteză maximă dacă $\alpha = 10°$ și unghiul de frecare la alunecare $\varphi = 20°$.

1.3.192. Ce viteză trebuie să aibă un motociclist pentru a putea merge pe suprafața interioară a unui cilindru vertical, centrul său de masă descriind un cerc orizontal de rază $R = 10$ m, știind că pe o șosea orizontală, la același coeficient de frecare la alunecare raza minimă de viraj la viteza $v = 9{,}8$ m/s este $R_0 = 40$ m. Cu ce unghi față de orizontală se înclină motociclistul dacă merge cu viteza $v' = 22$ m/s pe cilindrul amintit?

1.3.193. Un pendul conic dublu are cele două fire de aceeași lungime $l = 0{,}40$ m, care formează unghiurile $\alpha = 60°$ și $\beta = 45°$ cu axa verticală de rotație (fig. 1.3.193). Să se afle viteza unghiulară de rotație.

1.3.194. De pe vîrful unei emisfere netede fixe de rază $R = 3{,}0$ m alunecă liber, fără viteză inițială, un mic corp. La ce înălțime el se va desprinde de emisferă?

1.3.195. Din vîrful unei emisfere fixe absolut netede (fără frecări) de rază $R = 1{,}80$ m, așezate pe un plan orizontal, alunecă fără viteză inițială un corp mic. Cît va dura căderea liberă a corpului, după desprinderea sa de emisferă?

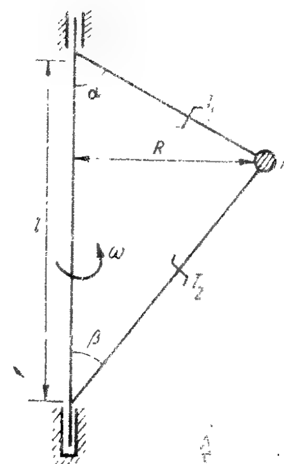


Fig. 1.3.189

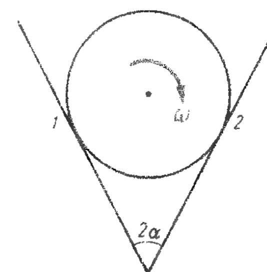


Fig. 1.3.190

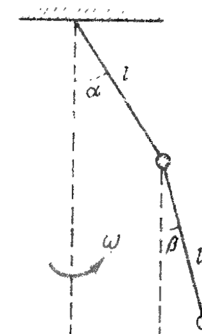


Fig. 1.3.193

1.3.196. Trei corpuri mici, identice, sînt legate unul după altul prin două fire de aceeași lungime $l = 4,0$ cm și așezate de-a lungul unui meridian al unei emisfere fixe, netede, de rază $R = 98$ cm, astfel încît al treilea corp este în pol. Care va fi accelerația inițială a sistemului? Pentru ce coeficient de frecare între corpuri și emisferă, corpurile vor rămîne în repaus?

1.3.197. Un automobil pornește uniform accelerat pe un arc de cerc de unghi $\alpha = 30°$ și de rază $R = 100$ m. Ce viteză maximă *finală* poate atinge, coeficientul de frecare între anvelope și șosea fiind $\mu = 0,30$?

1.3.198. Un autoturism se mișcă pe un pod convex (respectiv concav) de rază $R = 50$ m, cu viteză $v = 54$ km/h. Cu ce accelerație orizontală maximă poate frîna autoturismul la mijlocul podului, coeficientul de frecare la alunecare cu șoseaua este $\mu = 0,30$?

1.3.199. La un disc de polizor de masă $m = 1,00$ kg, uzat neuniform, centrul de greutate s-a deplasat cu $x = 2,0$ mm de la axa de rotație. Care va fi apăsarea maximă exercitată asupra lagărelor la rotația discului cu turația $n = 1200$ rot/min?

1.3.200. La un viraj de rază $R = 100$ m, efectuat cu viteza $v_0 = 10$ m/s, șoferul observă la un moment dat un obstacol și frînează cu accelerație liniară constantă maximă (astfel ca să nu alunece roțile), coeficientul de frecare la alunecare fiind $\mu = 0,20$. Ce distanță parcurge automobilul?

1.3.201. Un cilindru cu pereți foarte subțiri se rostogolește fără alunecare cu accelerația $a = 4,9$ m/s^2. Pe suprafața sa interioară alunecă un mic corp cu coeficientul de frecare $\mu = 0,33$, astfel încît raza sa vectoare (dusă din centrul cilindrului) face un unghi α constant cu orizontala. Cît este acest unghi?

1.3.202. Un tub cilindric de rază $R = 1,00$ m se rostogolește pe un plan orizontal, astfel încît axa lui se mișcă accelerat cu accelerația $a = 4,9$ m/s^2. Pe suprafața interioară a tubului se află un mic corp, care are coeficientul de frecare la alunecare cu suprafața tubului $\mu = 0,50$. La ce înălțime se va găsi corpul?

1.3.203. Un acrobat de masă $m = 60$ kg stă pe un cilindru orizontal și începe să meargă uniform pe cilindru, în timp ce cilindrul se rostolgolește uniform în sens opus fără să alunece. Unghiul de frecare între tălpile acrobatului și cilindru este $\varphi = 30°$. Care este unghiul maxim față de verticală format de raza vectoare dusă din centrul cilindrului spre punctul unde calcă acrobatul și cît va fi forța de frecare în acest caz?

— **1.3.204.** La periferia unui disc de rază $R = 0,50$ m de masă $M = 10$ kg este lipit un corp foarte mic de masă $m = 100$ g. Cu ce viteză trebuie să se rostogolească discul pentru ca el, la fiecare rotație, să se desprindă de pămînt?

1.3.205. O bilă de masă $m_1 = 10$ g, suspendată printr-un fir, este menținută în repaus, în poziție deviată cu $\alpha = 60°$ a firului față de verticală. De bila m_1 este suspendată printr-un alt fir o altă bilă de masă $m_2 = 20$ g. Să se afle accelerația bilei 2 *imediat* ce i se dă drumul bilei m_1.

FORȚE ELASTICE

— **1.3.206.** Tensiunea elastică dintr-o bară de oțel este $\sigma = 30$ MN/m^2 la o sarcină (forță de întindere) $F = 12$ kN. Care va fi tensiunea elastică la o sarcină $F' = 18$ kN?

— **1.3.207.** Tensiunea elastică într-o sîrmă cu diametrul $d = 2,0$ mm este $\sigma = 50$ MN/m^2. Care va fi tensiunea elastică într-o sîrmă din același material, supusă la aceeași sarcină, dar de diametru $d' = 5,0$ mm?

— **1.3.208.** Cum se schimbă deformația elastică $\varepsilon = \Delta l/l_0$ a unei sîrme de oțel dacă mărim de n ori: *a)* sarcina, *b)* secțiunea, *c)* diametrul, *d)* lungimea?

1.3.209. Ce înălțime maximă poate avea un zid de cărămidă dacă limita de rezistență a cărămizilor la comprimare este $\sigma_r = 6$ MN/m^2, iar coeficientul de siguranță $s = 6$? Greutatea specifică a cărămizilor $\gamma = 20$ kN/m^3.

— **1.3.210.** Două discuri de mase $m_1 = 100$ g și $m_2 = 300$ g sînt prinse între ele cu un resort. Suspendînd sistemul de discul superior, resortul are lungimea $l_1 = 40$ cm, așezîndu-l pe o masă cu discul inferior, resortul are lungimea $l_2 = 20$ cm. Care este lungimea resortului nedeformat?

1.3.211. Experiența arată că o bară întinsă suferă o contracție transversală; la fel, bara comprimată suferă o „umflare" transversală (Poisson). Variația relativă a dimensiunilor transversale este proporțională cu variația relativă a lungimii:

$$\frac{\Delta b}{b_0} = -\mu\frac{\Delta l}{l_0} = -\mu\varepsilon,$$

unde b este dimensiunea transversală, iar μ este coeficientul lui Poisson ($\mu \sim 0,3$). Să se deducă variația relativă a volumului unei bare întinse sau comprimate (pentru deformații mici).

1.3.212. Două plăci de mase $m_1 = 0,10$ kg și $m_2 = 0,20$ kg sînt legate printr-un resort ca în figura 1.3.212. Cu ce forță trebuie să apăsăm pe corpul m_1 pentru ca apoi lăsînd liber sistemul, corpul m_2 să se desprindă de masă?

1.3.213. Un corp de masă $m = 3,0$ kg este așezat pe talerul de masă $M = 10$ kg al unui cîntar cu resort, ca în figura 1.3.213. Cu ce forță trebuie apăsat corpul m, pentru ca după încetarea apăsării el să se desprindă de taler?

1.3.214. Două corpuri de mase $m_1 = 100$ g, $m_2 = 400$ g sînt legate printr-un fir trecut peste un scripete ideal. În firul de care este legat corpul m_2 este inserat un resort foarte ușor de constantă elastică $k = 60$ N/m. Inițial sistemul este blocat. Lăsînd sistemul liber, să se afle cu cît se lungește resortul.

1.3.215. O bilă de masă $m = 100$ g se rotește cu turația $n = 120$ rot/min, legată fiind de centru printr-un fir elastic. Care va fi deformația relativă a firului în timpul rotației, știind că la o forță $F_1 = 10$ N firul se lungește cu $x_1 = 6,3$ mm.

1.3.216. O bilă de masă $m = 200$ g poate culisa fără frecări de-a lungul unei tije orizontale care se rotește în jurul unei axe verticale cu viteza unghiulară $\omega = 2,0$ rad/s. Bila este fixată de axa de rotație printr-un resort orizontal de constantă $k = 4,0$ N/m. Lungimea resortului nedeformat $l_0 = 20$ cm. Care va fi alungirea resortului?

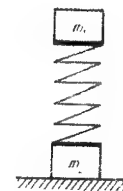


Fig. 1.3.212

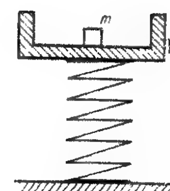


Fig. 1.3.213

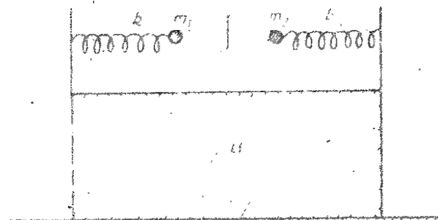


Fig. 1.3.217

1.3.217. Două bile de mase $m_1 = 200$ g, $m_2 = 300$ g pot oscila de-a lungul unei tije netede sub acțiunea unor resorturi identice. Tija este fixată pe un suport de masă $M = 1{,}00$ kg. Inițial bilele sînt legate între ele printr-un fir, tensiunea din fir fiind $T = 3{,}0$ N. Ce coeficient de frecare minim este necesar între suportul M și masă pentru ca suportul să nu alunece în timpul oscilațiilor bilelor, după ce se arde firul de legătură? (fig. 1.3.217).

1.3.218. Un fir elastic de lungime $l = 1{,}00$ m, masă $m = 100$ g și constantă elastică $k = 2{,}0$ N/m este închis sub formă de inel și pus în mișcare de rotație cu viteza unghiulară $\omega = 20$ rad/s într-un plan orizontal. Care va fi raza inelului?

– **1.3.219.** Un pendul conic are firul de suspensie format dintr-un fir de cauciuc elastic, de lungime nedeformată $l_0 = 60$ cm și constantă elastică $k = 10$ N/m. Bila are masa $m = 0{,}200$ kg. Ce viteză unghiulară are pendulul dacă firul a deviat cu unghiul $\alpha = 60°$?

– **1.3.220.** Un corp mic de masă $m = 0{,}50$ kg este așezat pe o scîndură orizontală și în același timp suspendat printr-un resort vertical nedeformat de lungime $l_0 = 0{,}10$ m și constantă elastică $k = 10$ N/m. Scîndura este trasă orizontal uniform, iar resortul deviază cu unghiul $\alpha = 60°$ față de verticala. Care este coeficientul de frecare dintre corp și scîndură?

LEGEA ATRACȚIEI UNIVERSALE. CÎMPUL GRAVITAȚIONAL

1.3.221. Masa Pămîntului este $M_P = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg, iar a Lunii $M_L = 7{,}3 \cdot 10^{22}$ kg, distanța dintre centrele lor $R = 384\,000$ km. Care este forța de atracție gravitațională dintre Pămînt și Lună?

1.3.222. La cîte raze terestre depărtare de suprafața Pămîntului cîmpul gravitațional rezultant al Pămîntului și Lunii este nul? Distanța Pămînt-Lună este egală cu 60 raze terestre, iar raportul maselor $M_P/M_L = 81$.

1.3.223. Raza Pămîntului este de ≈ 2 ori mai mare decît raza planetei Marte, iar masa Pămîntului este de ≈ 10 ori mai mare decît masa lui Marte. De cîte ori greutatea unui om pe Marte este mai mică decît greutatea sa pe Pămînt?

1.3.224. Într-un an pătrund în atmosfera terestră aproximativ $9 \cdot 10^9$ meteoriți, de aceea masa Pămîntului crește anual cu $\Delta M \approx 10^6$ kg. Cu cît la sută schimbă aceasta accelerația gravitațională?

1.3.225. Care este accelerația gravitațională la o altitudine egală cu n raze terestre?

1.3.226. Cu cît la sută scade accelerația căderii libere pe vîrful Omul sau Caraiman din munții Bucegi ($h = 2500$ m)? Raza Pămîntului $R = 6370$ km.

1.3.227. La ce altitudine deasupra unui pol, greutatea unui corp este aceeași ca la ecuator, pentru o planetă de rază $R = 4\,000$ km, densitate medie $\rho = 3{,}92$ g/cm³ și perioadă de rotație $T = 2$h 47 min. (constanta gravitațională $K = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg²)?

1.3.228. La ce altitudine deasupra unui pol greutatea unui corp este aceeași ca la ecuator. Se dau accelerațiile gravitaționale: $g_P = 9{,}83$ m/s², $g_E = 9{,}78$ m/s², raza Pămîntului $R = 6\,370$ km.

1.3.229. Care este accelerația căderii libere g' pe o planetă de diametru $D' = 6\,400$ km și densitate $\rho' = 4{,}0$ g/cm³, știind că pe Pămînt accelerația gravitațională $g = 9{,}8$ m/s², diametrul $D = 12{,}8 \cdot 10^3$ km și densitatea $\rho = 5{,}5$ g/cm³.

1.3.230. Cu cît la sută greutatea unui corp este mai mică la ecuator decît la poli, cunoscînd raza Pămîntului $R = 6\,400$ km, accelerația gravitațională $g = 9{,}8$ m/s² și durata unei zile și nopți. Cît ar trebui să fie durata unei zile și nopți pentru ca la ecuator corpurile să n-aibă greutate?

1.3.231. Care este densitatea unui asteroid dacă ziua și noaptea au o durată $D = 2{,}0$ h, iar la ecuator corpurile n-au greutate (constanta gravitațională $K = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg²)?

1.3.232. Cunoscînd raza Pămîntului $R = 6\,370$ km, densitatea medie $\rho = 5{,}5$ g/cm³ și accelerația gravitațională $g_0 = 9{,}81$ m/s², să se calculeze constanta gravitațională.

1.3.233. Să se afle accelerația gravitațională pe un asteroid de diametru $D = 10$ km și densitate $\rho = 5{,}5$ g/cm³ (constanta gravitațională $K = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N.m²/kg²). La ce înălțime ar putea sări un om pe acest asteroid, dacă pe Pămînt poate sări la o înălțime $h = 0{,}5$ m?

1.3.234. La ecuatorul unei planete corpurile cîntăresc de $n = 3$ ori mai puțin decît la poli. Densitatea medie a planetei $\rho = 3{,}14$ g/cm³. Care este perioada proprie de rotație a planetei? (Constanta gravitațională $K = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N·m²/kg².)

1.3.235. Să se calculeze accelerația gravitațională (de cădere liberă) la suprafața Soarelui, cunoscînd durata anului T, distanța Pămînt—Soare $R = 149{,}5 \cdot 10^6$ km și unghiul $\alpha = 32'$ sub care se vede de pe Pămînt discul solar.

SATELIȚI ARTIFICIALI

1.3.236. Ce masă aparentă are un cosmonaut în timpul decolării navei cosmice cu accelerația 5 g?

1.3.237. Ce accelerație maximă este admisibilă la lansarea navei cosmice, astfel încît cosmonauții să nu suporte o greutate aparentă mai mare decît $5G$?

1.3.238. De ce rachetele cosmice se lansează de la vest spre est? De ce este avantajoasă lansarea în planul ecuatorului?

1.3.239. Cum depinde viteza unui satelit artificial al Pămîntului, plasat pe o orbită circulară, de raza r a orbitei sale? Care este viteza maximă posibilă?

1.3.240. Cum depinde perioada și frecvența de rotație a unui satelit artificial al Pămîntului, de raza r a orbitei sale circulare? Care este perioada minimă posibilă și frecvența maximă?

1.3.241. Să se calculeze prima viteză cosmică la suprafața Lunii, știind raza Lunii $R = 1760$ km și accelerația gravitațională $g_0 = 1{,}62$ m/s².

1.3.242. Un satelit se mişcă pe o orbită circulară în jurul Pămîntului. La altitudinea la care el se mişcă acceleraţia gravitaţională este de $n = 4$ ori mai mică decît la suprafaţa Pămîntului. Care este viteza satelitului?

1.3.243. În ce plan şi la ce altitudine trebuie lansat un satelit artificial pentru a fi staţionar, adică să rămînă mereu deasupra aceluiaşi punct terestru?

1.3.244. Ce perioadă are un satelit artificial lansat la o altitudine egală cu raza terestră (raza Pămîntului $R = 6400$ km)? Cîte rotaţii efectuează în 24 h?

1.3.245. Ce viteză relativă faţă de Pămînt trebuie imprimată unui corp pentru a deveni satelit la altitudine mică în planul ecuatorial al Pămîntului? (Raza Pămîntului $R = 6400$ km.)

1.3.246. O planetă este sferică şi omogenă, de densitate $\rho = 5,5$ g/cm^3. Care va fi perioada unui satelit artificial lansat la altitudine mică? (Constanta gravitaţională $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m^2/kg^2.)

1.3.247. Prima viteză cosmică a unei planete sferice este $v_I = 1,0$ m/s. Care este densitatea medie a planetei, dacă secţiunea transversală a planetei este $S = 3,75 \cdot 10^6$ km^2 (constanta gravitaţională $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$N $\cdot$ m^2/s^2)?

1.3.248. O navă cosmică se mişcă cu viteza $v = 10$ km/s la altitudinea $h = 1000$ km de suprafaţa unei planete. Care este acceleraţia gravitaţională la suprafaţa planetei, dacă raza ei este $R = 8\,000$ km?

1.3.249. Să se afle masa Soarelui cunoscînd viteza liniară a Pămîntului în jurul Soarelui $v = 30$ km/s, raza orbitei Pămîntului $R = 150 \cdot 10^6$ km şi constanta gravitaţională $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m^2/kg^2.

1.3.250. Luna se mişcă în jurul Pămîntului cu o viteză $v \cong 1,0$ km/s, distanţa Pămînt—Lună $R = 384\,000$ km. Să se afle masa Pămîntului. Analog, dacă viteza Pămîntului pe orbita sa este de aproximativ 30 km/s, iar raza orbitei sale $150 \cdot 10^6$ km, să se afle masa Soarelui (constanta gravitaţională $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m^2/kg^2).

1.3.251. Să se calculeze perioada de revoluţie a Lunii în jurul Pămîntului cunoscînd: $g_0 = 9,8$ m/s^2 — acceleraţia terestră a căderii libere, $R_0 = 6400$ km — raza Pămîntului şi $R = 384\,000$ km — distanţa Pămînt—Lună.

1.3.252. Să se calculeze masa Soarelui cunoscînd perioada de revoluţie a Pămîntului în jurul Soarelui $T = 1$ an, distanţa Pămînt—Soare $R = 149,5 \cdot 10^6$ km şi constanţa gravitaţională $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m^2/kg^2.

1.3.253. Să se calculeze masa Pămîntului ştiind perioada unui satelit $T = 4,0$ h şi distanţa Pămînt—satelit $r = 12\,800$ km (raza orbitei) (constanta gravitaţională $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N $\cdot$ m^2/kg^2).

1.3.254. Ştiind că Luna efectuează 13 rotaţii în jurul Pămîntului într-un an şi că distanţa Pămînt—Soare este de 390 ori mai mare decît distanţa Lună—Pămînt, să se calculeze de cîte ori masa Soarelui este mai mare decît masa Pămîntului.

1.3.255. Pe planeta Jupiter anul este egal cu 11,86 ani tereştri. De cîte ori este mai mare distanţa Jupiter—Soare decît distanţa Pămînt—Soare?

1.3.256. Într-o galaxie s-a descoperit un analog al Soarelui nostru şi al Pămîntului nostru, cu deosebirea că densităţile planetei şi stelei sînt de $n = 2$ ori mai mici decît densităţile respective din sistemul nostru, iar toate dimensiunile liniare sînt de n' ori mai mici decît dimensiunile respective ale sistemului nostru. Ce durată are anul pe planeta descoperită?

1.3.257. Doi sateliţi ai Pămîntului se mişcă pe orbite circulare în acelaşi plan cu vitezele $v_1 = 7,8$ km/h şi $v_2 = 7,7$ km/h în acelaşi sens. La ce interval sateliţii se apropie periodic la distanţă minimă? (Raza Pămîntului $R = 6400$ km.)

1.3.258. Un cosmonaut cu masa $m = 100$ kg se află în afara navei de masă $M = 5,0$ t, legat de navă printr-un cablu de lungime $l = 64$ m. Nava se mişcă pe o orbită circulară în jurul Pămîntului la altitudine mică. Care este tensiunea din cablu în cazul în care cosmonautul este mereu de partea opusă Pămîntului? (Raza Pămîntului $R = 6400$ km.)

CAPITOLUL 4

ENERGIA MECANICĂ

1.4.1. Ce masă trebuie să aibă un corp pentru ca ridicîndu-l vertical în sus, uniform, pe o distanţă $d = 1,00$ m, să efectuăm un lucru mecanic $L = 1,00$ J?

1.4.2. Ce lucru mecanic trebuie efectuat pentru a ridica un corp de masă $m = 40$ kg la o înălţime $h = 10,0$ m cu acceleraţia $a = 2,20$ m/s^2?

1.4.3. Un corp de greutate $G = 200$ N este ridicat vertical în sus, pe o distanţă $h = 4,0$ m cu ajutorul unei forţe constante care efectuează un lucru mecanic $L = 960$ J. Cu ce acceleraţie a fost ridicat corpul?

1.4.4. O macara ridică în picioare în timpul $t = 2,0$ s o şină culcată pe Pămînt, trăgînd-o de un capăt cu viteza $v = 30,0$ m/min. Masa şinei $m = 1,00$ t. Să se calculeze lucrul mecanic efectuat.

1.4.5. Un remorcher trage un şlep cu viteza $v = 18$ km/h cu ajutorul unui cablu orizontal întins cu forţa $F = 60$ kN; cablul face un unghi $\alpha = 15°$ cu direcţia de înaintare. Ce putere se consumă pentru remorcarea şlepului?

1.4.6. Ce lucru mecanic minim trebuie efectuat pentru a ridica în picioare un stîlp de telegraf căzut, de lungime $l = 10$ m, masă $m = 200$ kg, avînd la capăt dispozitive de cuplare şi izolare de masă $m_0 = 30$ kg?

1.4.7. Un lift de masă $m = 400$ kg urcă $h = 2,0$ m cu acceleraţia $a = 2,2$ m/s^2. Ce lucru mecanic util dezvoltă motorul?

1.4.8. Cu ce distanţă pătrunde în gheaţă o rangă de masă $m = 4,0$ kg, dacă forţa medie de rezistenţă este $F_r = 400$ N şi viteza de lovire $v = 2,0$ m/s? (Să se aplice consideraţii energetice.)

1.4.9. Un cub de lemn de latură $l = 10$ cm este străpuns de jos în sus de un glonţ de masă $m = 10$ g, care are viteza $v_0 = 100$ m/s la intrare şi $v' = 95$ m/s la ieşire din cub. Ce forţă se va exercita asupra cubului? (Să se aplice consideraţii energetice.)

1.4.10. Ce lucru mecanic trebuie efectuat pentru a mări viteza unui corp de la $v_1 = 2,0$ m/s la $v_2 = 6,0$ m/s pe o distanţă $d = 20$ m, dacă forţa de frecare este $F_f = 2,0$ N? Masa corpului $m = 2,0$ kg.

1.4.11. Un ciocan de masă $m = 1,0$ kg lovește cu viteza $v = 5,0$ m/s un cui de lungime $l = 10$ cm pe care, după $n = 5$ lovituri, îl înfige într-un perete. Ce forță trebuie aplicată pentru a scoate cuiul din perete? (Să se aplice considerații energetice.)

1.4.12. Un număr de $N = 100$ cărămizi sînt așezate una lîngă alta pe suprafața Pămîntului. Masa unei cărămizi $m = 2,0$ kg și grosimea $h = 10$ cm. Ce lucru minim trebuie efectuat pentru a așeza cărămizile una peste alta, formînd o coloană verticală?

1.4.13. O cabină de greutate $G = 10$ kN este ridicată cu ajutorul unui cablu de greutate liniară $\gamma = 20$ N/m, dintr-o mină de adîncime $h = 200$ m. Ce lucru mecanic se efectuează? Care este randamentul de ridicare a cabinei?

1.4.14. Pentru ce putere a motorului unui automobil de masă $m = 1,0$ t, mergînd cu viteza $v = 60$ km/h, va începe alunecarea roților? Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,20$ și randamentul motorului $\eta = 40\%$.

1.4.15. O mașină de cosit are lățimea $l = 10$ m. Rezistența la înaintare este $R = 0,50$ kN/m și viteza $v = 5,4$ km/h. Ce putere dezvoltă mașina de cosit și ce lucru mecanic efectuează pentru a cosi o arie $S = 15$ ha?

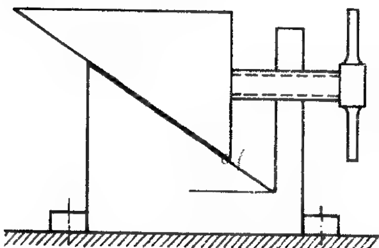
1.4.16. Cîte tractoare sînt necesare pentru a ara o suprafață $S = 1000$ ha într-un timp $t = 100$ h, fiecare tractor avînd o putere $P = 40$ kW, dacă adîncimea arăturii este $b = 36$ cm, iar „rezistența specifică" a solului, adică forța de rezistență întîmpinată pe unitatea de arie transversală, este $R = 1,0 \cdot 10^5$ N/m^2?

1.4.17. Care este cîștigul de forță la presa cu pană din figura 1.4.17 dacă unghiul de înclinare al panei $\alpha = 30°$, pasul șurubului $h = 8,0$ mm, lungimea mînerului $l = 30$ cm și randamentul $\eta = 50\%$? (Să se aplice considerații energetice.)

1.4.18. Un automobil merge cu viteza $v_0 = 72$ km/h. Înainte de obstacol șoferul frînează astfel încît roțile patinează. Știind coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,20$, să se afle distanța de frînare. (Să se aplice considerații energetice.)

1.4.19. O bilă de masă $m_0 = 100$ g este prinsă de capătul unui lanț de lungime $l = 4,0$ m și de masă $m = 300$ g, așezat pe o masă netedă fără frecări. Datorită greutății bilei m_0 lanțul începe să alunece de pe masă (fără viteză inițială). Ce viteză va avea lanțul cînd părăsește masa? (Să se aplice considerații energetice.)

1.4.20. Un vehicul de masă $m = 1,0$ t și putere $P = 20$ kW întîmpină forțe de rezistență proporționale cu greutatea sa: $F_r / mg = f = 0,020$. Ce viteză maximă poate atinge vehiculul? Ce accelerație are în momentul cînd viteza $v = 20$ m/s?


Fig. 1.4.17

1.4.21. De un tren de masă $M = 600$ t care merge rectiliniu uniform se desprinde ultimul vagon de masă $m = 60$ t. Ce distanță parcurge acest vagon pînă la oprire, dacă puterea locomotivei a fost tot timpul constantă $P = 10$ MW, iar după desprindere viteza trenului a fost constantă $v' = 40$ km/h? Se consideră că toate forțele de rezistență sînt proporționale cu greutățile.

1.4.22. Mînerul unei prese cu șurub are lungimea $l = 20$ cm, pasul șurubului $h = 5,0$ mm, iar randamentul presei $\eta = 70\%$. Dacă se aplică la capetele mînerului forțele $F = 20$ N, care va fi forța de apăsare asupra obiectului și ce lucru mecanic util se efectuează, comprimarea produsă obiectului fiind $b = 4,0$ cm?

1.4.23. Care este debitul volumic al unei pompe de putere $P = 0,98$ kW, care pompează apă la o înălțime $h = 10$ m?

1.4.24. O pompă pompează apă cu debitul $q = 5,00$ kg/s pînă la o înălțime $h = 2,0$ m printr-un tub de diametru $D = 0,10$ m. Care trebuie să fie puterea pompei?

1.4.25. Un om, stînd pe țărm, împinge o barcă de masă $m = 160$ kg cu o forță $F = 100$ N pînă cînd barca se depărtează de țărm cu o distanță $d = 1,00$ m. Ce viteză atinge barca? Ce distanță parcurge după aceea barca pînă la oprire? Forța de rezistență întîmpinată de barcă $F_f = 50$ N. (Să se rezolve prin considerații energetice.)

1.4.26. Un ciocan de masă $m = 10,0$ kg cade liber de la o înălțime $h = 1,0$ m și lovește un par de masă $m_0 = 1,0$ kg care pătrunde vertical în sol pe o distanță $x = 10$ cm. Considerînd ciocnirea plastică, să se afle rezistența medie întîmpinată de par din partea solului. Care este randamentul ciocanului?

1.4.27. Un corp de masă $m = 2,0$ kg cade liber de la o înălțime într-un timp $\tau = 2,0$ s. Să se afle energia cinetică și potențială a corpului la mijlocul înălțimii.

1.4.28. Un corp este aruncat cu viteza $v_0 = 16$ m/s vertical în sus. La ce înălțime energia sa cinetică va fi egală cu cea potențială?

1.4.29. O bilă de masă $m = 0,80$ kg este aruncată orizontal de la înălțimea $h = 2,0$ m și a căzut la distanța (pe orizontală) $d = 1,0$ m. Ce lucru mecanic a fost necesar pentru aruncarea bilei?

1.4.30. Un corp este aruncat orizontal cu viteza $v_0 = 9,8$ m/s dintr-un turn. După cît timp energia sa cinetică devine de $n = 5$ ori mai mare?

1.4.31. Un corp este aruncat sub unghiul $\alpha = 30°$ cu energia cinetică $E_c = 40$ J. Care este energia potențială a corpului la înălțimea maximă? Dar energia cinetică?

1.4.32. O piatră aruncată sub unghiul $\alpha = 30°$ are energia cinetică în punctul cel mai înalt al traiectoriei $E_c = 45$ J. Care este energia sa potențială în acest punct?

1.4.33. Un corp este aruncat sub un unghi oarecare față de orizontală, cu viteza inițială $v_0 = 15$ m/s. Care este viteza sa la înălțimea $h = 6,4$ m. Să se aplice considerații energetice. Care este condiția ca problema să fie posibilă?

1.4.34. Dintr-un turn de înălțime h se aruncă niște corpuri identice de masă m fiecare cu aceeași viteză inițială v_0, dar orientată sub diferite unghiuri față de orizontală. Care este energia cinetică a corpurilor la ciocnirea lor cu pămîntul?

1.4.35. Un corp cu masa $m = 500$ g, aruncat sub unghiul $\alpha_0 = 75°$, a căzut la o distanță $b = 2,0$ m. Ce lucru mecanic a efectuat aruncătorul?

1.4.36. Ce turație trebuie să aibă roata de diametru $D = 49$ cm a unei pompe centrifuge, pentru a pompa apa la înălțimea $h = 19,8$ m?

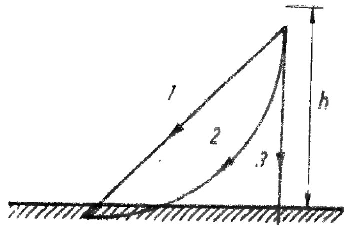


Fig. 1.4.39

1.4.37. O sanie de masă $m = 5,0$ kg alunecă liber pe un deal înclinat cu unghiul $\alpha = 30°$. După o distanță $s = 50$ m, sania are viteza $v = 4,0$ m/s. Care este pierderea de energie cinetică?

1.4.38. Un avion de masă $m = 2,5$ t cu motor oprit planează cu viteza $v = 144$ km/h coborînd de la o înălțime $h_1 = 2,0$ km pînă la o înălțime $h_2 = 1,0$ km, parcurgînd o distanță $d = 10$ km.

Ce putere trebuie să dezvolte motorul pentru a se întoarce înapoi cu aceeași viteză?

1.4.39. Trei corpuri identice de masă m fiecare coboară de la aceeași înălțime h, respectiv pe un plan înclinat, pe un sfert de cerc și liber (vertical), ca în figura 1.4.39. Se neglijează toate frecările. Care vor fi energiile lor cinetice finale? Dar vitezele?

1.4.40. O sanie de masă $m = 200$ kg avînd un motor de putere $P = 0,80$ kW urcă un deal. Ce pantă are dealul dacă viteza $v = 36$ km/h, iar coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0,010$?

1.4.41. Un automobil de masă $m = 1,0$ t coboară o pantă $p = 0,05 = 5\%$ cu viteză constantă $v = 54$ km/h avînd motorul decuplat. Ce putere trebuie să dezvolte automobilul pentru a urca aceeași pantă cu aceeași viteză?

1.4.42. Un schior, după ce atinge viteza $v_0 = 8,0$ m/s, intră pe o pistă înclinată de pantă $p = 10\%$. Pînă la ce înălțime va urca schiorul? Coeficientul de frecare la alunecare cu zăpada este $\mu = 0,020$. Să se aplice considerații energetice.

1.4.43. Un corp este tras uniform de-a lungul unui plan înclinat de unghi $\alpha = 5°$, o dată în sus cu viteza v_0, iar apoi în jos cu viteza de $n = 2$ ori mai mare, în ambele cazuri motorul dezvoltă aceeași putere. Care este coeficientul de frecare la alunecare?

1.4.44. Un camion de masă $m = 8,0$ t urcă, respectiv coboară, o pantă $p = 0,05$ cu viteza $v_0 = 36$ km/h. Cît este distanța de frînare, dacă forța de rezistență este $F_r = 6,0$ kN? Să se rezolve prin considerații energetice.

1.4.45. Pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ este ridicat uniform un corp. Unghiul de frecare la alunecare $\varphi = 15°$. Să se afle randamentul planului înclinat.

1.4.46. Un camion urcă o pantă mică (sub 6°) cu viteza $v_1 = 4,0$ m/s. La coborîre pe aceeași pantă el are viteza $v_2 = 6,0$ m/s la aceeași putere a motorului. Ce viteză va avea camionul pe un drum orizontal la aceeași putere a motorului, considerînd că toate forțele de rezistență (frecare) sînt proporționale cu forțele de apăsare normale.

1.4.47. O sanie coboară liber pe un plan înclinat cu unghi $\alpha = 30°$ de la o înălțime $h = 15$ m. Coeficientul de frecare la alunecare crește liniar de la zero la $\mu = 0,40$ la baza planului. Ce viteză va avea sania la baza planului? (Să se aplice considerații energetice.)

1.4.48. Ce lucru mecanic trebuie cheltuit pentru a urca o sanie de masă $m = 30$ kg pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$, pînă la o înălțime $h = 10$ m? Coeficientul de frecare la alunecare scade liniar de la $\mu_1 = 0,50$, la baza planului, pînă la $\mu_2 = 0,10$ la vîrf.

1.4.49. Un satelit cu masa $m = 1,00$ t zboară la altitudinea $h_1 = 200$ km pe o orbită circulară. Datorită frecării cu straturile superioare ale atmosferei, raza orbitei satelitului scade și satelitul ajunge pe o orbită la altitudinea $h_2 = 180$ km. Ce energie pierde satelitul prin frecare?

1.4.50. Un corp de masă m suspendat de un fir oscilează într-un plan vertical sub acțiunea greutății, cu amplitudinea unghiulară α. Care este tensiunea din fir în momentul cînd firul formează unghiul θ cu verticala? Care este tensiunea maximă? Cît devine tensiunea maximă pentru amplitudinile de oscilație $\alpha = 60°$ și 90°?

1.4.51. O bilă suspendată pe un fir oscilează în planul vertical cu amplitudinea unghiulară $\alpha = 60°$. Care va fi raportul dintre tensiunea maximă și cea minimă a firului în timpul oscilațiilor?

1.4.52. De cablul unei macarale este suspendat un cărucior cu ciment. Cu ce amplitudine unghiulară maximă poate oscila căruciorul datorită vîntului, cablul rezistînd la o forță de rupere de $n = 2$ ori mai mare decît greutatea căruciorului?

1.4.53. O bilă de masă $m = 0,20$ kg este suspendată printr-un fir de lungime $l = 1,0$ m și efectuează oscilații într-un plan vertical. Cînd bila trece prin punctul inferior tensiunea din fir este $T = 4,0$ N. La ce înălțime maximă se ridică bila față de punctul inferior?

1.4.54. O bilă de masă $m = 100$ g oscilează în planul vertical, fiind suspendată printr-un fir de lungime $l = 1,0$ m. Cînd firul trece prin poziția verticală tensiunea din fir este $T = 19,6$ N. La un moment dat cînd bila este la același nivel cu punctul de suspensie, firul se rupe. La ce înălțime se va ridica bila față de acest punct?

1.4.55. O bilă de masă $m = 200$ g suspendată pe un fir de lungime $l = 20$ cm este deviată cu unghiul $\alpha = 60°$ față de verticală. I se imprimă bilei o viteză $v = 2,0$ m/s, perpendicular pe fir. Care va fi tensiunea maximă din fir?

1.4.56. Un sportiv de masă $m = 60$ kg execută o rotație completă în jurul unei bare orizontale. Dacă în punctul superior viteza sportivului este zero, care va fi forța de tracțiune a mîinilor atunci cînd trece prin punctul inferior?

1.4.57. Să se arate că pentru ca o bilă de masă m să realizeze o mișcare circulară în planul vertical, trebuie ca firul să reziste la o tensiune de rupere $T_r = 6mg$.

1.4.58. De la ce înălțime minimă trebuie să alunece liber fără frecare un corp pentru a putea descrie bucla circulară de rază $R = 40$ cm, din figura 1.4.58? Dacă acum corpul de masă $m = 2,00$ g alunecă de la o înălțime

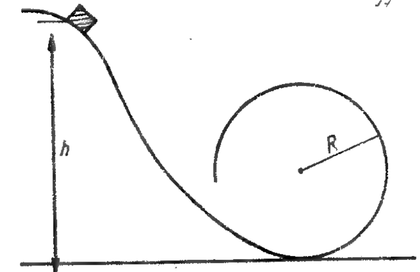


Fig. 1.4.58

$H = 2{,}00$ m *cu frecare* și apăsarea în punctul superior al buclei este zero, ce lucru mecanic efectuează forțele de frecare?

1.4.59. Pe un fir de lungime l este suspendată o bilă. Ce viteză orizontală trebuie imprimată bilei pentru ca ea să urce la aceeași înălțime ca punctul de suspensie? Dar în punctul diametral opus?

1.4.60. O bilă este suspendată pe un fir de lungime $l = 1{,}00$ m. Cu ce viteză orizontală trebuie să tragem punctul de suspensie pentru ca bila să efectueze o rotație completă în planul vertical?

1.4.61. De tavanul unui lift este suspendată printr-un fir de lungime $l = 80$ cm o bilă care oscilează cu amplitudine unghiulară $\alpha = 60°$. Cînd firul trece prin poziția verticală, cablul de susținere a liftului se rupe și sistemul cade liber. Ce viteză față de pămînt va avea bila atunci cînd lovește tavanul liftului?

1.4.62. Un lanț de lungime $l = 2{,}0$ m este trecut simetric peste un scripete ideal. Printr-un impuls foarte mic lanțul începe să coboare.

a) Care va fi viteza sa în momentul părăsirii scripetelui?

b) Dar dacă lanțul este așezat pe o masă netedă fără frecări și începe să alunece de pe masă, care va fi viteza sa cînd părăsește masa?

c) Este mișcarea lanțului, în cele două cazuri, uniform accelerată?

1.4.63. Un camion de masă $m = 20$ t se mișcă avînd aceeași viteză o dată pe un pod convex și a doua oară pe un pod concav, ambele de aceeași rază $R = 100$ m, dezvoltînd aceeași putere $P = 25$ kW. Știind că pe podul concav apăsarea pe șosea este cu $\Delta N = 40$ kN mai mare decît pe podul convex, să se afle forța de tracțiune a motorului.

1.4.64. Unei bile suspendate pe un fir de lungime $l = 1{,}00$ m i se imprimă o viteză orizontală $v_0 = 6{,}0$ m/s. La ce înălțime firul va slăbi și bila nu se va mișca pe cerc? Ce viteză va avea bila în acest moment?

1.4.65. Pe o tijă subțire ținută orizontal sînt fixate două bile de mase $m_1 = 3{,}0$ kg, $m_2 = 2{,}0$ kg, la distanțele $r_1 = 1{,}0$ m, $r_2 = 2{,}0$ m de axa orizontală transversală pe tijă, în jurul căreia se poate roti tija în planul vertical, ca în figura 1.4.65. Ce viteză va avea corpul inferior cînd tija, lăsată liber, va trece prin poziția verticală?

1.4.66. Pe o tijă de masă neglijabilă, avînd la capătul superior o articulație, sînt fixate două corpuri de mase $m_1 = 200$ g, $m_2 = 100$ g, la distanțe egale $l = 40$ cm între ele și articulație. Tija este deviată cu unghiul $\alpha = 60°$ și lăsată liber. Ce viteză unghiulară va avea tija atunci cînd trece prin poziția verticală?



Fig. 1.4.65

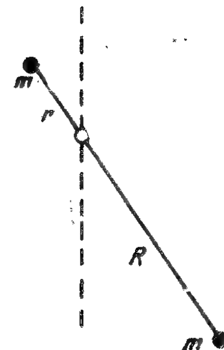


Fig. 1.4.67

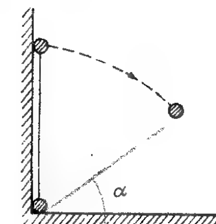


Fig. 1.4.69

1.4.67. O halteră formată din două bile identice legate printr-o tijă de masă neglijabilă, oscilează în planul vertical ca în figura 1.4.67 cu amplitudinea unghiulară $\alpha = 60°$, $r = 10$ cm, $R = 30$ cm. Ce viteză unghiulară are haltera cînd trece prin poziția verticală?

1.4.68. O halteră formată din două bile legate între ele printr-o tijă subțire de lungime $l = 0{,}50$ m și de masă neglijabilă, este fixată printr-o articulație la distanța fl, unde $f = 1/4$, de una din bile, astfel încît se poate roti liber în jurul articulației, în planul vertical. Lăsată liber din poziția orizontală, ce viteză va avea bila inferioară cînd haltera trece prin poziția verticală?

1.4.69. O halteră formată din două bile mici de masă m fiecare, legate printr-o tijă subțire, lungă, este menținută în poziție verticală, sprijinită de un perete vertical (fig. 1.4.69). Cu ce forță va apăsa bila inferioară asupra peretelui vertical în momentul cînd în căderea sa liberă tija halterei formează unghiul α cu orizontala? (Se neglijează frecările.)

1.4.70. Un cablu de secțiune $S = 10$ mm^2 este înfășurat pe un tambur cu viteza liniară $v = 1{,}0$ m/s. Puterea motorului $P = 2{,}0$ kW. Care este tensiunea din cablu?

1.4.71. Un avion aterizează cu viteza $v_0 = 100$ km/h pe puntea unui port avion. Cuplîndu-se cu un cablu elastic de frînare, avionul parcurge distanța $d = 50$ m pînă la oprire. De cîte ori crește greutatea aparentă a pilotului?

1.4.72. Sub acțiunea unei forțe $F_1 = 60$ N un resort se întinde cu x_1. Aplicînd suplimentar o forță $F_2 = 80$ N resortul se lungește suplimentar cu $x_2 = 2{,}0$ cm. Ce lucru mecanic suplimentar se efectuează?

1.4.73. De cîte ori lucrul mecanic de alungire, a unui resort cu prima jumătate din alungire, este mai mic decît lucrul mecanic efectuat pentru alungirea cu a doua jumătate din alungire?

1.4.74. Un corp este atîrnat pe două resorturi legate în serie, de constante elastice $k_1 = 1{,}0$ N/cm, $k_2 = 2{,}0$ N/cm. Care este raportul energiilor potențiale ale resorturilor?

1.4.75. De un resort vertical elastic a fost suspendat un corp de masă $m_1 = 0{,}50$ kg și lăsat liber. După amortizarea oscilațiilor s-a constatat că lucrul mecanic împotriva forțelor de frecare a fost $L_1 = 10$ J. Ce lucru mecanic va fi efectuat împotriva forțelor de frecare dacă înlocuim corpul cu unul de masă $m_2 = 1{,}0$ kg?

1.4.76. La o sarcină $F = 10$ kN o bară se alungește cu $\Delta l = 10$ mm. Ce lucru mecanic trebuie efectuat pentru a alungi bara cu $\Delta l' = 40$ mm?

1.4.77. Să se deducă expresia densității de energie potențială, adică energia potențială pe unitatea de volum (nedeformat), a unei bare elastice întinse, cunoscînd modulul Young E și deformația elastică $\varepsilon = \Delta l/l_0$ sau tensiunea elastică $\sigma = F/S_0$.

1.4.78. O bilă suspendată pe un fir elastic și flexibil îl întinde cu $x = 5,0$ cm. Bila este ridicată cu $h = 20$ cm de la capătul inferior al firului nedeformat și lăsată liber. Care va fi întinderea maximă a firului produsă de bila care cade?

1.4.79. Un corp de masă $m = 1,0$ t este coborît uniform cu viteza $v = 10$ m/s cu ajutorul unui cablu elastic de oțel de constantă elastică $k = 10^6$ N/m. Care va fi tensiunea maximă în cablu dacă este oprit brusc capătul său superior? (Să se aplice considerații energetice.)

1.4.80. Un fir elastic de lungime $l = 1,00$ m este fixat la capătul superior, iar la capătul inferior are atîrnată o bilă de masă $m = 50$ g. Ridicînd bila pînă la punctul de suspensie și dîndu-i drumul, ea produce o alungire maximă $x = 0,20$ m. Să se afle constanta elastică.

1.4.81. Cu ce viteză pleacă o pietricică de masă $m = 20$ g dintr-o praștie al cărei șnur de cauciuc a fost întins cu lungimea $x = 10$ cm. Pentru a întinde șnurul cu $x_0 = 2,0$ cm este necesară o forță $F_0 = 9,0$ N.

1.4.82. Dacă asupra unui resort cade o bilă de la înălțimea $h_1 = 1,00$ m, resortul capătă o comprimare maximă $x_1 = 1,0$ cm. Ce comprimare maximă va avea resortul dacă aceeași bilă cade de la înălțimea $h_2 = 2,00$ m?

1.4.83. Pe un resort elastic de constantă $k = 100$ N/m și de lungime nedeformată $l = 1,00$ m, deviat de la verticală, este atîrnat un corp de masă $m = 1,50$ kg. Lăsat liber, resortul arată o forță $F = 30$ N cînd trece prin poziția verticală. Cu ce unghi a fost deviat resortul inițial?

1.4.84. Un fir rezistă pînă la o tensiune de rupere $T_r = 14,7$ N. Un capăt al firului, de lungime $l = 2,0$ m, este fixat la înălțimea $h = 4,00$ m deasupra solului, iar de celălalt se atîrnă o bilă de masă $m = 1,00$ kg. Deviind firul cu bila pînă la orizontală, i se dă drumul. La ce distanță (pe orizontală) de punctul de suspensie va cădea bila de Pămînt?

1.4.85. Un fir elastic sub acțiunea unei forțe de întindere $F = 1,00$ N se alungește cu $x = 2,0$ cm. Un capăt se fixează, iar de celălalt se atîrnă un corp de masă $m = 25$ g. De la ce înălțime (față de poziția sa de repaus) trebuie să cadă acest corp pentru a produce aceeași alungire maximă x?

1.4.86. Un vagon de masă $m = 5,0$ t se desprinde de tren avînd viteza $v_0 = 4,0$ m/s. După un anumit timp, el se ciocnește cu tampoanele unui opritor, resoartele comprimîndu-se cu $x = 10$ cm. Ce distanță a parcurs vagonul de la desprindere pînă la ciocnire, dacă forțele de rezistență (frecare) sînt proporționale cu greutatea, cu constanta de proporționalitate $f = 0,010$, iar constanta elastică a fiecărui tampon este $k = 0,50$ MN/m?

CAPITOLUL 5

IMPULSUL MECANIC

1.5.1. Un om stînd pe un cîntar obișnuit de stradă citește masa lui. Care va fi indicația cîntarului dacă omul se ghemuiește brusc? Dar dacă apoi se ridică brusc?

1.5.2. Un om stă pe platforma orizontală a unui cîntar. Ce indicație arată cîntarul dacă omul face un pas pe platformă (la începutul și sfîrșitul pasului)?

1.5.3. Ce indică un cîntar cu platformă mare, pe care se plimbă un om?

1.5.4. De ce la ciocnirea perfect elastică a unei bile cu un perete impulsul bilei se schimbă, iar energia cinetică nu?

1.5.5. În ce caz un elicopter apasă cu o forță mai mare asupra Pămîntului: cînd stă pe Pămînt sau cînd plutește imobil în aer la o înălțime *mică* deasupra solului?

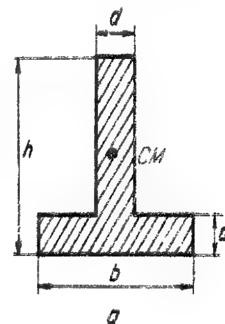
1.5.6. Să se afle poziția centrului de masă la plăcile plane omogene din figura 1.5.6.

1.5.7. Peste un scripete ideal este trecut un fir cu două corpuri, de mase $m_1 = 100$ g, $m_2 = 200$ g la capete. Care va fi accelerația centrului de masă al celor două corpuri?

1.5.8. Două stele se rotesc în jurul centrului de masă comun cu viteze constante în modul $v_1 = 10$ km/s, $v_2 = 20$ km/s și cu perioada $T = 100$ zile. Care sînt masele stelelor și distanța dintre ele? (Constanta gravitațională $K = 6,67 \cdot 10^{-11}$ N · m²/kg².)

1.5.9. Un lănțișor este suspendat de capetele sale în două puncte A, B de care sînt suspendate două tije uniforme, articulate între ele, de aceeași lungime *totală* ca și lănțișorul. Care din cele două sisteme are centrul de masă mai jos (fig. 1.5.9)? (Să se aplice considerații energetice.)

1.5.10. Un corp de masă $m_1 = 1,0$ kg se mișcă cu viteza $v_1 = 6,0$ m/s și ajunge din



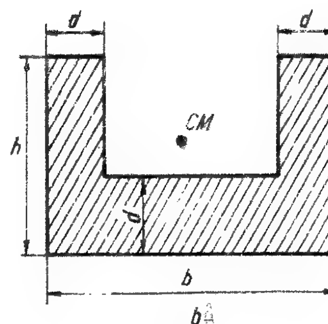


Fig 1.5.6

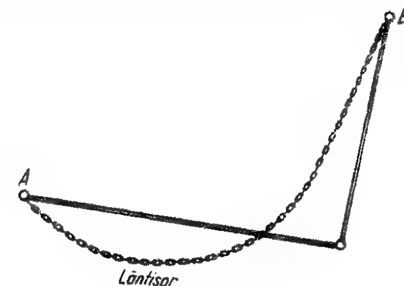


Fig. 1.5.9

urmă un alt corp de masă $m_2 = 3,0$ kg care se mişcă în acelaşi sens cu viteza $v_2 = 2,0$ m/s. Cu ce viteză se deplasează centrul de masă al corpurilor?

1.5.11. Într-o barcă de masă $M = 70$ kg, aflată în repaus, stau la extremităţi doi pescari de mase $m_1 = 60$ kg, $m_2 = 70$ kg, la distanţa $d = 6,0$ m unul de altul. Pescarii îşi schimbă locurile. Cu cît se va deplasa barca?

1.5.12. Două corpuri de mase $m_1 = 200$ g, $m_2 = 300$ g legate printr-un fir orizontal de lungime $l = 0,50$ m sînt puse în mişcare de rotaţie în planul orizontal, cu turaţia $n = 5,0$ rot/s, în jurul axei verticale care trece prin centrul de greutate. Care va fi tensiunea din fir?

1.5.13. Pe o masă orizontală netedă, fără frecări, este aşezat un cub de masă $M = 10$ kg peste care este aşezat un corp de masă $m_1 = 1,0$ kg. Corpul m_1 este legat printr-un fir orizontal, trecut peste un scripete ideal, de un alt corp de masă $m_2 = 4,0$ kg, situat la înălţimea $h = 1,50$ m deasupra mesei. Lăsînd liber sistemul, cu cît se deplasează cubul M, pînă în momentul în care corpul m_2 atinge masa (fig. 1.5.13)?

1.5.14. Un avion cu reacţie, zburînd cu viteza $v = 900$ km/h, loveşte o pasăre cu masa $m = 2,0$ kg. Care va fi forţa medie de impact dacă durata ciocnirii este $\Delta t = 1,00$ ms? Dar presiunea medie exercitată dacă aria de contact este $S = 5,0$ dm²?

1.5.15. De ce resorturile şi arcurile vehiculelor reduc şocurile resimţite de călători?

1.5.16. O şalupă cu hidroreacţie absoarbe şi ejectează apa mării cu debitul $Q = 0,50$ m³/s. Viteza de ejectare $v = 15$ m/s, iar masa şalupei $m = 2,5$ t. Ce acceleraţie va căpăta şalupa? (se neglijează forţele de rezistenţă).

1.5.17. La un avion cu reacţie viteza aerului la intrare este $v_1 = 200$ m/s, iar a gazelor la ieşire $v_2 = 400$ m/s. Să se calculeze forţa reactivă, dacă debitul de ejectare $Q = 20$ kg/s.

1.5.18. De ce puterea avioanelor cu reacţie scade cu creşterea temperaturii şi altitudinii de zbor?

1.5.19. O rachetă cu masa iniţială $m_0 = 200$ kg şi viteza iniţială $v_0 = 1,0$ m/s ejectează gaze în porţii $m_r = 100$ g practic instantaneu cu viteza $v_r = 1,0$ km/s faţă de rachetă. Ce viteză atinge racheta după ejectarea a $n = 10$ porţii de gaze? Se neglijează gravitaţia terestră.

1.5.20. La ciocnirea unei bile cu un perete, variaţia de impuls a peretelui nu poate fi neglijată, în timp ce variaţia energiei cinetice, da. De ce?

1.5.21. Să se demonstreze că în cazul ciocnirii plastice oblice a două particule, energia cinetică pierdută este:

$$Q = -\Delta E_c = \frac{1}{2}\,\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}\,(\vec{v}_1 - \vec{v}_2)^2 = \frac{1}{2}\,\mu v_r^2.$$

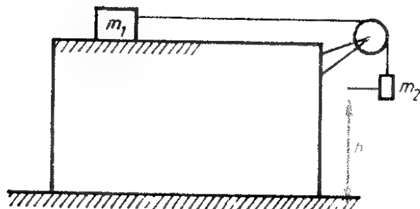


Fig. 1.5.13

1.5.22. Dintr-o masă de plastilină, dată, au fost confecţionate două bile. Pentru ce raport al maselor acestor bile pierderea de energie cinetică la ciocnirea lor plastică va fi maximă?

1.5.23. Un flux orizontal de apă de secţiune $S = 1,00$ dm², densitatea $\rho = 1,00$ kg/dm³ şi de viteză iniţială $v_0 = 10$ m/s, este folosit pentru a efectua lucru mecanic, astfel încît el prin frînare îşi micşorează uniform viteza de la v_0 la $v' = 2,0$ m/s. Ce putere dezvoltă?

1.5.24. Roata unei mori de rază $R = 1,00$ m, cu palete radiale plane este pusă în mişcare cu un jet de apă de viteză $v = 8,0$ m/s, ca în figura 1.5.24. Pentru ce turaţie a roţii randamentul va fi maxim?

1.5.25. Un fascicul paralel de particule identice, fiecare de masă $m = 1,0$ mg şi viteză $v = 12$ m/s în direcţia fasciculului, loveşte perpendicular o placă masivă (perete) care se mişcă în aceeaşi direcţie cu viteza $u = 2,0$ m/s. Concentraţia particulelor în fascicul este $n = 10^8$ m^{-3} şi o fracţiune $f = 0,50$ din ele sînt absorbite de perete, iar restul reflectate absolut elastic. Ce presiune se exercită asupra peretelui?

1.5.26. Un sportiv de masă $m = 70$ kg sare în jos de la o înălţime $h = 5$ m. În timpul şocului el se ghemuieşte coborîndu-şi centrul de masă cu $d = 1,0$ m. Ce forţă medie suportă sportivul?

1.5.27. La marginile unei bărci de lungime $l = 10$ m şi masă $M = 500$ kg stau doi oameni de mase $m_1 = 60$ kg, $m_2 = 40$ kg. La un moment dat ei încep să alerge unul spre celălalt cu vitezele $v_1 = 3,0$ m/s şi $v_2 = 1,5$ m/s. Cu ce distanţă se deplasează barca atunci cînd primul ajunge la capăt? (Se neglijează frecările bărcii cu apa.)

1.5.28. La marginea unei scînduri de lungime $l = 1,00$ m şi masă $m = 1,00$ kg este aşezat un mic corp de masă $m_0 = 100$ g. Scîndura poate luneca fără frecare pe planul orizontal, iar coeficientul de frecare la alunecare dintre corp şi scîndură este $\mu = 0,20$. Ce viteză trebuie imprimată scîndurii (printr-o lovitură) pentru ca ea să iasă de sub corp?

1.5.29. Asupra unui corp de masă $m = 5,0$ kg, aflat iniţial în repaus, începe să acţioneze o forţă liniar descrescătoare ca în figura 1.5.29. Ce viteză va căpăta corpul?

1.5.30. Un vagonet de masă $M = 30$ kg se mişcă cu viteza $v_0 = 2,0$ m/s. Un om de masă $m = 70$ kg aleargă cu viteza $v = 3,0$ m/s şi sare din mers în vagonet. Ce viteză capătă vagonetul?

1.5.31. Un om stă pe platforma unui vagonet, care se mişcă cu viteza $v_0 = 2,0$ m/s. Ce viteză va căpăta vagonetul dacă omul începe să fugă pe plat-

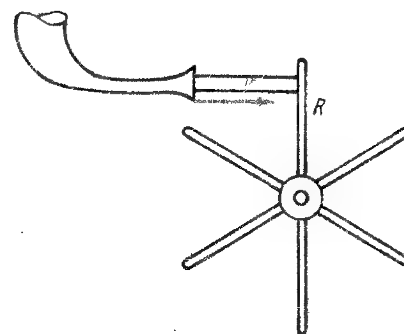


Fig. 1.5.24

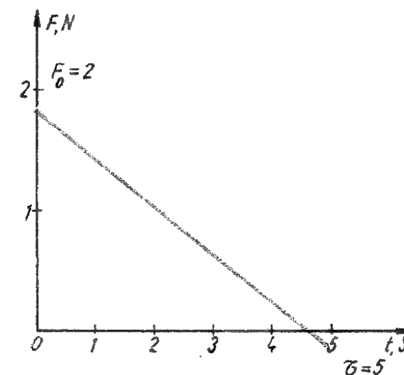


Fig. 1.5.29

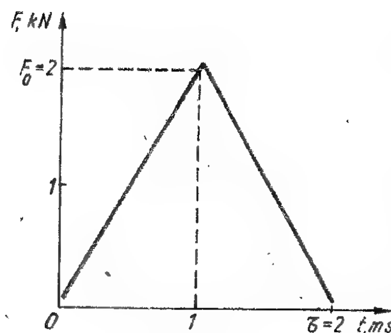


Fig. 1.5.38

formă cu viteza $u = 3{,}0$ m/s față de platformă? Greutatea omului este de $n = 2$ ori mai mică decît greutatea platformei.

1.5.32. Două bărci se mișcă rectiliniu uniform cu aceeași viteză $v = 0{,}60$ m/s pe direcții paralele în sensuri opuse. Cînd ajung una în dreptul celeilalte, din prima barcă se transferă în a doua un corp de masă $m = 20$ kg. Prin aceasta barca a doua își micșorează viteza pînă la $v_2' = 0{,}40$ m/s. Care este masa bărcii 2?

1.5.33. Un patinator de masă $M = 60$ kg aruncă orizontal un corp de masă $m = 6{,}0$ kg cu viteza $v_0 = 2{,}0$ m/s. Ce lucru mecanic efectuează patinatorul și care este coeficientul de frecare la alunecare dacă el se deplasează după aruncare cu distanța $d = 0{,}10$ m?

1.5.34. Un ciocan de masă $m = 0{,}50$ kg lovește o nicovală cu viteza $v = 2{,}0$ m/s și ricoșează înapoi cu o viteză de $n = 2$ ori mai mică. Care este cantitatea de căldură degajată prin ciocnire? Care este variația impulsului ciocanului?

1.5.35. O minge de masă $m = 100$ g cade fără viteză inițială de la o înălțime $h = 54{,}5$ cm. După fiecare lovire a podelei viteza mingii reprezintă o fracțiune $k = 0{,}90$ din viteza de dinainte de ciocnire, iar timpul de contact cu podeaua reprezintă o fracțiune $f = 0{,}20$ din timpul de cădere respectiv. Să se afle timpul pînă la oprirea definitivă a bilei și căldura totală degajată.

1.5.36. Un vagonet de masă $m = 20$ kg se mișcă rectiliniu uniform cu viteza $v_0 = 8{,}0$ m/s, în virtutea inerției. Pe platforma vagonetului se așază o cărămidă de masă $m_0 = 4{,}0$ kg. Ce distanță va parcurge cărămida pe platformă pînă la oprirea sa, coeficientul de frecare cu platforma fiind $\mu = 0{,}20$?

1.5.37. Un tren merge cu viteza $v_0 = 72$ km/h. La un moment dat, cade vertical asupra trenului ploaia cu debitul $q = 100$ kg/s, care apoi se scurge pe pereții vagonului. Cu cît trebuie să crească puterea locomotivei pentru a păstra viteza neschimbată?

1.5.38. Un corp de masă $m = 1{,}0$ kg și viteză $v = 10$ m/s lovește un corp de masă $M = 2{,}0$ kg aflat în repaus. Ciocnirea este unidimensională, iar forța de interacție dintre corpuri este reprezentată în figura 1.5.38. Care sînt vitezele corpurilor după ciocnire și care este pierderea de energie cinetică?

1.5.39. Pe o masă netedă, o bilă de masă m_1 lovește o altă bilă de masă m_2, aflată în repaus. Pentru ce raport al maselor, după ciocnirea perfect elastică (unidimensională) a bilelor, ele se vor depărta cu viteze egale în modul și opuse ca semn?

1.5.40. Două bile se mișcă una spre cealaltă, viteza bilei mai grele fiind de $n = 4$ ori mai mare decît a celei ușoare. După o ciocnire perfect elastică bila grea se oprește. Care este raportul maselor bilelor?

1.5.41. Cu ce viteză trebuie aruncată în jos o minge pentru ca ea să urce cu $\Delta h = 4{,}9$ m mai sus de punctul de aruncare? Ciocnirea cu podeaua este perfect elastică.



Fig. 1.5.42

1.5.42. Trei corpuri de mase m_1, m_2, m_3 pot aluneca fără frecare pe o masă orizontală. Știind că masele corpurilor extreme sînt mult mai mari decît masa corpului mijlociu ($m_1 \gg m_2$, $m_3 \gg m_2$), să se afle vitezele maxime pe care le pot cîștiga corpurile extreme dacă inițial ele erau în repaus, iar corpul m_2 avea viteza orizontală v (fig. 1.5.42).

1.5.43. O sferă de lemn de masă $m' = 1{,}00$ kg este așezată pe un suport inelar. De jos în sus se trage un glonț de masă $m_0 = 20$ g și viteză $v_0 = 380$ m/s. Glonțul străpunge sfera, care saltă pînă la o înălțime $h = 1{,}60$ m. La ce înălțime va urca glonțul?

1.5.44. Un corp este aruncat vertical în sus cu viteza $v_0 = 10{,}0$ m/s. În punctul de înălțime maximă el se dezintegrează în două fragmente. Fragmentul de masă egală cu o fracțiune $f = 0{,}20$ din masa corpului cade vertical în jos și lovește Pămîntul cu viteza $v' = 20$ m/s. Cu ce viteză cade pe Pămînt cel de-al doilea fragment și după cît timp de la căderea primului?

1.5.45. Unui corp de masă $m = 1{,}0$ kg aflat la înălțimea $h = 4{,}9$ m i se aplică o lovitură cu o forță orizontală $F = 1{,}0$ kN care durează $\tau = 1{,}0$ ms. La ce distanță (pe orizontală) va cădea corpul?

1.5.46. O minge este aruncată orizontal de la o înălțime $h = 10$ m. Ea suferă $n = 9$ ciocniri perfect elastice pe cei doi pereți verticali situați la distanța $d = 2{,}0$ m și cade la baza peretelui opus, ca în figura 1.5.46. Cu ce viteză a fost aruncată mingea?

1.5.47. O minge este aruncată cu viteza $v_0 = 4{,}0$ m/s sub un unghi $\alpha = 30°$ față de orizontală. La distanța $d = 1{,}0$ m se află un perete. La ce distanță de perete va cădea mingea după ciocnirea perfect elastică cu peretele?

1.5.48. La capătul unei bărci ușoare de lungime $l = 2{,}0$ m și de masă $M = 20$ kg stă un om de masă $m = 60$ kg. Cu ce viteză minimă trebuie să sară ca să ajungă la celălalt capăt al bărcii?

1.5.49. Un atlet își ia vînt într-un timp $t = 4{,}0$ s și sare în lungime. Să se evalueze lungimea maximă posibilă a săriturii sale știind că el atinge înălțimea maximă (față de centrul de greutate) pe care o poate realiza $h = 80$ cm, iar coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0{,}30$.

1.5.50. Un atlet de masă $m = 60$ kg ținînd în mîini o bilă de masă $m_0 = 4{,}0$ kg sare sub un unghi $\alpha = 60°$ cu viteza inițială $v = 6{,}0$ m/s. Cînd ajunge la înălțimea maximă, el azvîrle bila orizontal în sens opus cu viteza $v_0 = 4{,}0$ m/s față de el, cu scopul de a-și mări lungimea săriturii. Cu cît se lungește săritura?

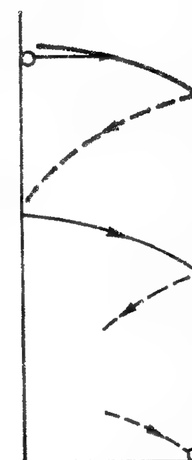


Fig. 1.5.46

1.5.51. O minge este aruncată cu viteza $v_0 = 12$ m/s sub unghiul $\alpha = 60°$ față de orizontală într-o sală de sport de înălțime $h = 4,0$ m. La ce distanță va cădea mingea după ciocnirea perfect elastică cu tavanul?

1.5.52. Un jucător lansează mingea cu viteza $v_0 = 14$ m/s spre un perete aflat la distanța $d = 4,0$ m. Mingea se reflectă perfect elastic și atinge înălțimea maximă la distanța $d = 6,0$ m de perete. Să se afle unghiul de lansare a mingii.

1.5.53. O bilă lovește cu viteza $v_0 = 4,9$ m/s sub unghiul de incidență $\alpha = 30°$ o masă orizontală netedă și pierde prin ciocnire o fracțiune $f = 0,11$ din energia sa cinetică. La ce distanță bila va lovi din nou masa?

1.5.54. De la o altitudine $H = 10$ m cade liber o sferă. Cînd sfera ajunge la altitudinea $h = 5,0$ m, ea este lovită plastic, orizontal, cu viteza $v_0 = 10$ m/s, de o bilă. Cu ce viteză ajunge sfera la Pămînt dacă masa ei este de $n = 4$ ori mai mare decît a bilei?

1.5.55. Două bile de mase $m_1 = 100$ g, $m_2 = 200$ g sînt suspendate pe două fire de lungime $l_1 = 1,5$ m, $l_2 = 1,0$ m, astfel încît bilele se ating. Prima bilă este deviată cu unghiul $\alpha_1 = 60°$ și lăsată liber. Să se afle unghiurile cu care deviază bilele după ciocnire elastică, respectiv plastică.

1.5.56. Două corpuri mici de mase $m_1 = 100$ g și $m_2 = 300$ g alunecă liber fără frecare pe interiorul unei sfere, pornind de la capetele diametral opuse ale unui diametru orizontal al sferei. Cu ce unghi față de verticală vor devia corpurile după ciocnirea lor plastică?

1.5.57. O bilă de oțel suspendată pe un fir de lungime $l = 0,80$ m a fost deviată pînă cînd firul de suspensie a devenit orizontal, apoi lăsată liber. La revenire cînd firul formează un unghi $\alpha = 30°$ cu verticala, bila lovește perfect elastic un perete vertical. La ce înălțime se va ridica bila?

1.5.58. Dintr-o pușcă de masă $m = 2,0$ kg, suspendată orizontal, se trage un glonț de masă $m_0 = 20$ g. Ce fracțiune din energia exploziei se pierde inutil pentru reculul puștii?

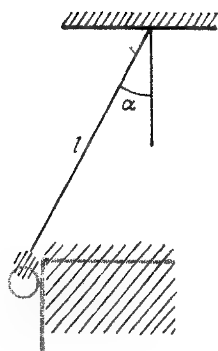


Fig. 1.5.57

1.5.59. Pentru a afla viteza unui glonț de masă $m_0 = 10$ g, se suspendă pușca de masă $m = 2,0$ kg în poziție orizontală prin două fire paralele. După tragere, pușca se ridică cu $h = 20,2$ cm. Ce viteză a avut glonțul?

1.5.60. Un glonț de masă $m_0 = 20$ g lovește o bilă de lemn de masă $m = 4,0$ kg și rămîne înfipt în ea. Bila de lemn este suspendată printr-un fir de lungime $l = 40,4$ cm și deviază cu $\alpha = 60°$ (pendulul balistic). Ce viteză a avut glonțul?

1.5.61. O sferă de masă $M = 2,0$ kg este suspendată de un fir de lungime $l = 5,0$ m. Firul este deviat cu unghiul $\alpha = 60°$ și lăsat liber. Cînd sfera trece prin poziția de echilibru, ea se ciocnește plastic cu o bilă de masă $m = 80$ g care vine în sens opus vitezei sferei. Știind unghiul de deviere $\alpha' = 30°$ a corpurilor să se afle viteza bilei.

1.5.62. Într-un leagăn șade un elev ținînd în mînă o bilă de masă $m_1 = 2,0$ kg, masa elevului cu scaunul leagănului fiind $m_2 = 60$ kg, iar lungimea tijei de suspensie a leagănului $l = 1,0$ m. Cu ce viteză ar trebui să arunce elevul orizontal bila m_1 pentru a devia cu unghiul $\alpha = 15°$? Ce lucru mecanic ar trebui să efectueze elevul pentru aceasta?

1.5.63. O bilă suspendată pe un fir de lungime $l = 32$ cm se află la înălțimea $h = 18$ cm deasupra unei mese orizontale. Bila este deviată cu 90° și lăsată liber. Cînd firul trece prin poziția deviată cu $\alpha = 60°$, el se rupe. Să se afle la ce înălțime se va ridica bila după ciocnirea perfect elastică cu masa.

1.5.64. O bilă de lemn de masă $M = 1,0$ kg este suspendată pe un fir. Un glonț de masă $m = 20$ g străpunge bila dacă viteza sa $v \geq v_0 = 200$ m/s. Cu ce viteză se va mișca bila dacă glonțul are viteza $v = nv_0$, unde $n = 2$? Pentru ce viteză a glonțului bila va avea viteză maximă?

1.5.65. Un lănțișor închis suspendat printr-un fir se rotește în planul orizontal cu viteza unghiulară $\omega = 10,0$ rad/s. Firul de suspensie face unghiul $\alpha = 45°$ cu verticala (fig. 1.5.65). Care este distanța centrului de masă al lănțișorului pînă la axa de rotație?

1.5.66. O bilă de masă $m = 10$ g suspendată pe un fir de lungime $l = 1,0$ m a fost deviată pînă la poziția orizontală a firului de suspensie și lăsată liber. În punctul inferior al traiectoriei bila lovește un corp de masă $M = 200$ g care parcurge o distanță $s = 2,0$ m pînă se oprește, în timp ce bila ricoșează, firul deviind pînă la $\alpha = 45°$. Care este valoarea maximă posibilă a coeficientului de frecare dintre corp și planul orizontal?

1.5.67. Se dă pendulul conic din figura 1.5.67, $l = 40$ cm, $m = 300$ g; masa discului $M = 0,50$ kg și raza $R = 15$ cm. Ce unghi α maxim este admisibil pentru ca discul să nu se desprindă de masă (frecarea este suficient de mare ca discul să nu alunece)?

1.5.68. Un cerc de butoi de rază $R = 1,0$ m, rostogolindu-se (fără alunecare) cu viteza $v = 10$ m/s pe un drum orizontal, lovește inelastic un prag de înălțime $h = 10$ cm, astfel încît componenta radială a vitezei (către vîrful pragului) se anulează. Ce viteză va avea cercul după ce urcă pragul? Ce viteză minimă trebuie să aibă cercul pentru a putea urca pragul?

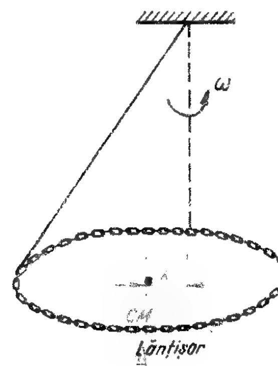


Fig. 1.5.65

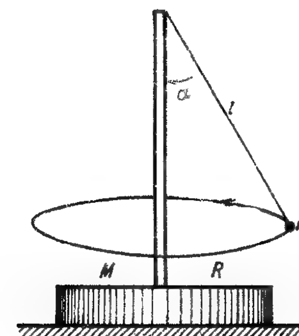
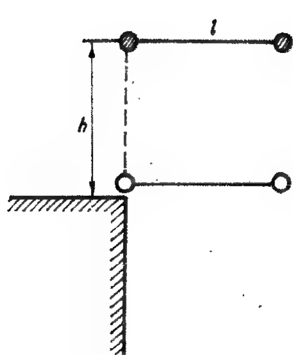


Fig. 1.5.67



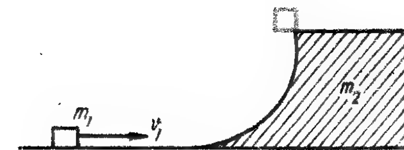


Fig. 1.5.70

Fig. 1.5.69

1.5.69. O halteră formată din două bile identice legate printr-o tijă subțire de lungime $l = 0{,}80$ m și de masă neglijabilă, cade în poziție orizontală de la o înălțime $h = 1{,}00$ m, după care una din bile lovește perfect elastic marginea mesei (fig. 1.5.69). Ce distanță parcurge haltera de la ciocnire pînă cînd a doua bilă lovește partea verticală, laterală, a mesei?

1.5.70. O sanie de masă $m_1 = 40$ kg intră cu viteza $v_1 = 10$ m/s pe un suport de masă $m_2 = 60$ kg avînd forma de sfert de cerc, și ajunge exact în punctul superior. Neglijînd frecările, să se afle vitezele finale ale corpurilor.

1.5.71. Un schior de masă $m = 60$ kg coboară liber pe o pistă de unghi $\alpha = 30°$ cu coeficientul de frecare $\mu = 0{,}040$, ținînd în mîini un corp de masă $m_0 = 9{,}0$ kg. După ce parcurge o distanță $d = 19{,}6$ m, schiorul aruncă vertical corpul, în sus cu viteza $u = 4{,}0$ m/s față de el. Ce viteză va căpăta schiorul după aceasta?

1.5.72. Un schior de masă $M = 60$ kg coboară liber o pistă ținînd în mînă o bilă de masă $m = 2{,}0$ kg. Unghiul de înclinare al planului $\alpha = 30°$ și coeficientul de frecare $\mu = 0{,}10$. După parcurgerea distanței $s = 9{,}8$ m, schiorul aruncă bila orizontal față de el. Cu ce viteză ar trebui să arunce corpul pentru ca să se oprească?

1.5.73. Două corpuri de mase $m_1 = 100$ g, $m_2 = 200$ g situate la aceeași înălțime $h = 90$ cm alunecă la un moment dat, simultan, pe profilul din figura 1.5.73 și se ciocnesc plastic. La ce înălțime se va ridica ulterior sistemul?

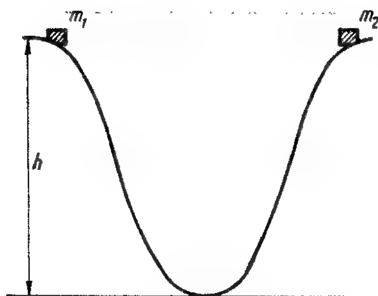
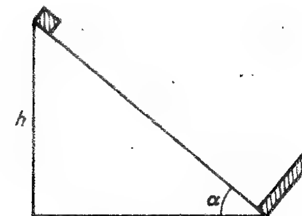


Fig. 1.5.73

1.5.74. Un sac cu făină alunecă liber, fără viteză inițială de la o înălțime $h = 2{,}0$ m pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 45°$. După coborîre, sacul continuă mișcarea pe un plan orizontal. Coeficientul de frecare este peste tot $\mu = 0{,}50$. La ce distanță de baza planului înclinat se va opri sacul?

1.5.75. Un sac cu făină lunecă liber, fără viteză inițială, pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 60°$. Planul înclinat continuă cu un plan orizontal unde coeficientul de frecare este $\mu = 0{,}70$. Unde se va opri sacul?



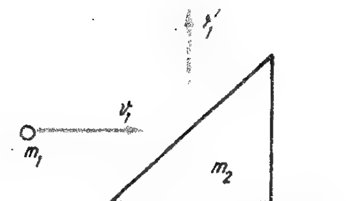


Fig. 1.5.76

Fig. 1.5.78

1.5.76. Un corp alunecă liber de la o înălțime $h = 9{,}8$ m pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 45°$ cu coeficientul de frecare la alunecare $\mu = 0{,}20$. La baza planului corpul se ciocnește elastic cu un perete așezat perpendicular pe planul înclinat (fig. 1.5.76). La ce înălțime va urca acel corp?

Cît timp va dura mișcarea pînă la oprirea definitivă a corpului (neglijînd timpurile de ciocnire)?

1.5.77. Un corp mic alunecă liber fără frecări pe un plan înclinat de lungime $l = 16$ cm și unghi de înclinare $\alpha = 30°$. După părăsirea planului înclinat corpul cade pe un plan orizontal fără frecări situat cu $h = 20$ cm mai jos de capătul inferior al planului înclinat. La ce înălțime maximă urcă acest corp după ciocnirea perfect elastică cu planul orizontal?

1.5.78. O bilă de masă $m_1 = 100$ g, zburînd orizontal cu viteza $v_1 = 10$ m/s lovește perfect elastic o prismă echilateră de masă $m_2 = 0{,}50$ kg, aflată în repaus pe o masă orizontală netedă (fig. 1.5.78). După ciocnire bila zboară vertical în sus. Să se afle vitezele corpurilor după ciocnire.

1.5.79. O bilă de masă $m = 2{,}0$ kg lovește orizontal, perfect elastic un plan înclinat de masă $M = 9{,}8$ kg și ricoșează vertical în sus. La ce înălțime se ridică bila, dacă planul înclinat capătă după lovire viteza $v' = 2{,}0$ m/s?

1.5.80. O bilă cade liber de la o înălțime $H = 10{,}0$ m. La înălțimea $h = 6{,}0$ m ea lovește absolut elastic o placă fixă înclinată sub unghiul $\alpha = 30°$ față de orizontală. La ce înălțime față de placă se ridică bila după ciocnire?

1.5.81. Pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ cade vertical, fără viteză inițială, de la o înălțime $h = 1{,}0$ m, o bilă. Considerînd ciocnirea perfect elastică, să se afle la ce depărtare pe planul înclinat va lovi bila a doua oară planul.

1.5.82. Două bile sînt azvîrlite orizontal cu aceeași viteză peste un plan înclinat, scurt. Prima bilă lovește planul perfect elastic, iar a doua inelastic (doar componenta normală a vitezei se anulează). Ce unghi trebuie să aibă planul pentru ca bilele să cadă la aceeași distanță de plan?

1.5.83. O bilă lovește perfect elastic, cu viteza $v_1 = 2{,}0$ m/s sub un unghi de incidență $\alpha = 60°$, un perete de masă mare care se mișcă spre bilă, cu viteza $v_2 = 1{,}00$ m/s, sub unghiul $\beta = 30°$ față de normala sa. Să se afle unghiul de reflexie și viteza bilei după ciocnire (Se rezolvă întîi în S.C. legat de perete.)

MOMENTUL FORȚEI. MOMENTUL CINETIC

1.6.1. Ce forță trebuie aplicată la capătul unei țevi de greutate $G = 2{,}0$ kN pentru a ridica acest capăt?

1.6.2. Două conductoare sînt fixate pe cele două izolatoare din figura 1.6.2. Cînd conductoarele sînt întinse, unul din cîrlige se va răsuci. Care din ele este fabricat incorect?

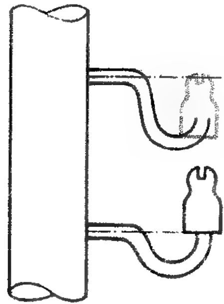


Fig. 1.6.2

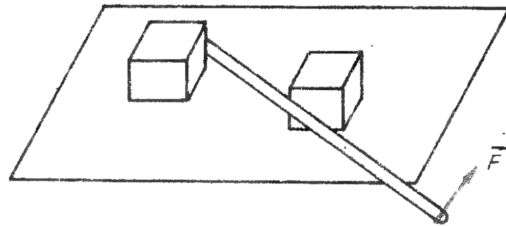


Fig. 1.6.3

1.6.3. Două lăzi identice, așezate pe un plan orizontal, sînt deplasate cu ajutorul unei tije ca în figura 1.6.3. Care din lăzi se va deplasa?

1.6.4. Cu ce forță este comprimată o scîndură într-o menghină, dacă pasul șurubului menghinii este $h = 1{,}0$ cm, lungimea mînerului $R = 20$ cm și forța de la capătul mînerului $F = 10$ N? Se neglijează frecările.

1.6.5. Un șurub este suspendat pe un fir ca în figura 1.6.5. Dacă tăiem șurubul după planul buclei firului, vor fi egale greutățile celor două părți obținute?

1.6.6. Vrem să cîntărim pe un cîntar cu platformă, de 10 t, un camion care a fost încărcat peste 10 t. Cum să procedăm?

1.6.7. Cum se va mișca barca dacă mișcăm vîslele în sensuri opuse?

1.6.8. O ladă cu dimensiunile $a = 1{,}00$ m și $b = 2{,}00$ m este tîrîtă orizontal uniform cu o forță F sub unghiul α față de orizontală, ca în figura 1.6.8. Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0{,}40$. Pentru ce unghi α lada începe să se ridice?

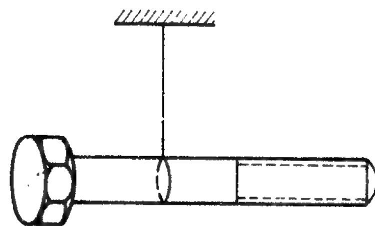


Fig. 1.6.5

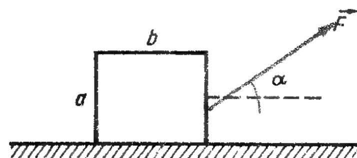


Fig. 1.6.8

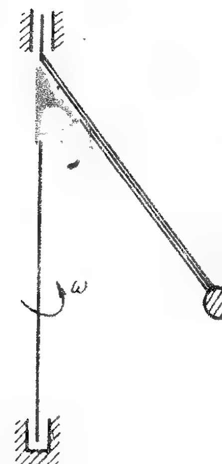


Fig. 1.6.9

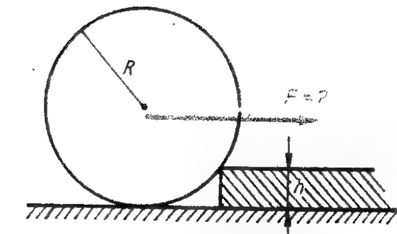


Fig. 1.6.12

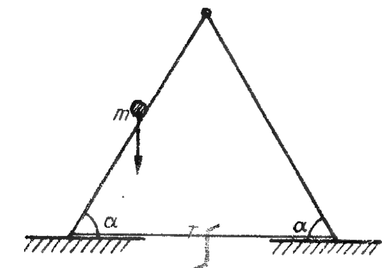


Fig. 1.6.13

1.6.9. O tijă subțire rigidă de lungime $l = 0{,}50$ m este prinsă rigid, sub un unghi $\alpha = 30°$, de un ax vertical. La capătul tijei este prinsă o bilă de masă $m = 100$ g (fig. 1.6.9). Sistemul se rotește cu turația $n = 60$ rot/min. Să se calculeze reacțiunea bilei asupra tijei și momentul reacțiunii față de punctul de fixare de ax.

Pentru ce perioadă de rotație acest moment este nul?

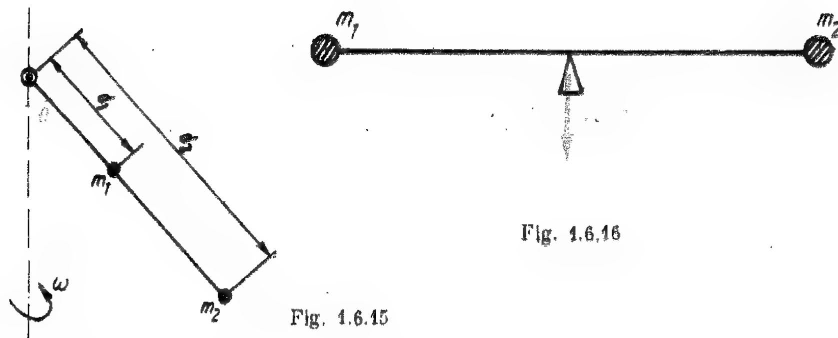
1.6.10. La ce viteză un automobil care virează cu raza $R = 130$ m se poate răsturna, dacă centrul său de greutate este la înălțimea $h = 1{,}00$ m, iar distanța dintre roți $d = 1{,}5$ m?

1.6.11. O scară uniformă de masă $m = 4{,}0$ kg este sprijinită de un perete absolut neted (fără frecări), capătul inferior fiind așezat pe o podea cu frecări. Unghiul de înclinare al scării față de orizontală $\alpha = 45°$. Ce forță se exercită asupra capătului inferior al scării și sub ce unghi față de orizontală?

1.6.12. Ce valoare minimă trebuie să aibă forța orizontală F aplicată axului roții, de masă $m = 10$ kg și rază $R = 50$ cm, pentru ca roata să urce treapta (pragul) de înălțime $h = 10$ cm (fig. 1.6.12)?

1.6.13. Pe o scară dublă foarte ușoară (de masă neglijabilă) articulată sus și legată printr-un fir la capetele inferioare, se suie un om de masă $m = 60$ kg pînă la mijlocul scării. Să se afle tensiunea din fir, neglijînd toate frecările. Unghiul format de fiecare latură cu podeaua $\alpha = 60°$ (fig. 1.6.13).

1.6.14. O scară neuniformă de lungime $l = 2{,}0$ m poate sta în echilibru sprijinită de un perete vertical pînă la un unghi maxim $\alpha = 45°$, format cu podeaua. Știind coeficientul de frecare la alunecare cu peretele și podeaua $\mu = 1/\sqrt{3}$, să se afle înălțimea la care se află centrul de masă al scării.



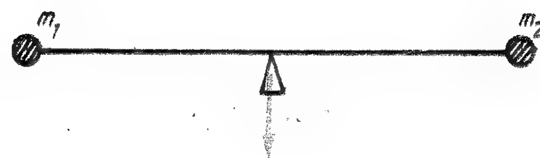


Fig. 1.6.16

Fig. 1.6.15

*1.6.15.** Pe o tijă de masă neglijabilă sînt fixate două bile de mase $m_1 = 200$ g, $m_2 = 100$ g la distanțele $d_1 = 20$ cm, $d_2 = 50$ cm, ca în figura 1.6.15. Tija se rotește cu viteza unghiulară $\omega = 1{,}28$ rad/s în jurul axei verticale trecînd printr-o articulație la capătul superior al tijei. Să se afle unghiul de deviere a tijei.

1.6.16. O tijă subțire de masă neglijabilă are la capete două corpuri de mase $m_1 = 1{,}00$ kg și $m_2 = 3{,}00$ kg. Tija este sprijinită la mijloc pe un reazem. Inițial tija este ținută în poziție orizontală, apoi se lasă liberă. Să se afle apăsarea exercitată de tijă pe reazem *imediat* ce tija este lăsată liber (fig. 1.6.16).

1.6.17. O scîndură omogenă de masă m și lungime l este așezată pe o masă orizontală cu coeficientul de frecare la alunecare μ. La un capăt al scîndurii se aplică o forță orizontală F, perpendiculară pe scîndură. Care este valoarea minimă a forței F necesară pentru ca scîndura să se rotească și în jurul cărui punct se va roti atunci scîndura?

1.6.18. O sîrmă de oțel fixată la un capăt, fiind răsucită la celălalt capăt cu unghiul θ, generează un cuplu de forțe elastice cu momentul $M = C\theta$, unde C este constanta de torsiune. Din această sîrmă se confecționează un resort spiralat de rază R și cu pasul mic ($h \ll R$). Să se calculeze constanta elastică a resortului obținut.

1.6.19. Să se calculeze momentul cinetic orbital al Lunii și Pămîntului. Se dau masele: $M_L = 7{,}3 \cdot 10^{22}$ kg, $M_P = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg, distanțele: $R_{PL} = 384\,000$ km, $R_{PS} = 150 \cdot 10^6$ km și vitezele orbitale: $v_L = 1{,}0$ km/s, $v_P = 30$ km/s.

1.6.20. La un satelit artificial al Pămîntului distanța minimă a traiectoriei (perigeu) este la altitudinea $h_{min} = 600$ km și cea maximă (apogeu) la $h_{max} = 7\,600$ km. Care este raportul vitezelor la apogeu și perigeu? (Raza Pămîntului $R = 6400$ km.)

1.6.21. O particulă este aruncată oblic în cîmpul gravitațional terestru (în vid) cu viteza $\vec{v}_0$ sub unghiul α_0 față de orizontală. Care este momentul forței și momentul cinetic față de punctul de lansare? Să se verifice că $\vec{M} = \mathrm{d}\vec{L}/\mathrm{d}t$.

CAPITOLUL 7

CINEMATICA ȘI DINAMICA RIGIDULUI

1.7.1. Ce fel de mișcare descriu părțile componente ale bicicletei față de cadrul său? (Se consideră cazul cînd bicicleta se mișcă rectiliniu și uniform.)

1.7.2. Care punct al roților unui tractor aflat în mișcare uniformă se deplasează cu o viteză periferică mai mare? Cel de la periferia roții din spate ori cel de la periferia roții din față? Care din aceste puncte descriu un număr mai mic de rotații într-un minut? Există vreun punct al roților care nu se mișcă față de tractor?

1.7.3. Se știe că Luna execută o mișcare de revoluție în jurul Pămîntului. Cum se explică faptul că este vizibilă numai o anumită parte a Lunii pe cînd cealaltă parte nu?

1.7.4. Una din condițiile funcționării corecte a unui magnetofon este aceea ca viteza de deplasare a benzii să fie riguros constantă. Ce mișcări execută punctele rolelor pe care se înfășoară, respectiv pe care se desfășoară banda?

1.7.5. În tehnica turnării unei piese cu forme rotunde se toarnă metalul topit în forme care sînt supuse unei mișcări de rotație. Să se explice de ce piesele turnate prin acest procedeu sînt compacte și reproduc cele mai mici detalii ale pereților formei.

1.7.6. Cum s-ar modifica indicația unui dinamometru de care atîrnă un corp oarecare aflat la suprafața Pămîntului (de exemplu la Ecuator), dacă Pămîntul s-ar roti mai repede în jurul axei sale?

1.7.7. Tija unui pendul este supusă unei forțe de întindere constantă în tot timpul în care acesta descrie o oscilație? De ce?

1.7.8. De ce la viraje șoferul sau biciclistul micșorează viteza?

1.7.9. Se obișnuiește ca pentru a deosebi un ou fiert de unul crud să se așeze oul pe masă și să i se dea o mișcare de rotație. Oul fiert se rotește un timp mai îndelungat decît cel crud. Cum se explică acest fapt?

1.7.10. De ce o monedă, un cerc, o roată, se rostogolesc în plan vertical, putînd parcurge distanțe mari fără să cadă?

1.7.11. Pentru ce atunci cînd se imprimă o mișcare de rotație unui lanț cu chei ori unei sfori de care este legată o piatră, așa încît să se înfășoare pe un deget, viteza de rotație crește?

1.7.12. Dacă un patinator execută o piruetă strîngîndu-și brațele lîngă corp și mărindu-și viteza de rotație, energia sa cinetică se mărește? De ce?

1.7.13. De ce un șut puternic nu trimite totuși mingea prea departe dacă piciorul n-a lovit balonul central, făcînd-o în schimb să se învîrtească foarte repede?

1.7.14. Pentru ce o monedă căreia i se imprimă o mișcare de rotație suficient de rapidă în jurul unui diametru vertical se rotește un timp îndelungat și nu cade?

1.7.15. Un disc execută o mișcare uniformă de rotație în jurul axului său central. Un punct de la periferia discului se deplasează cu $v = 1{,}2$ m/s

iar un alt punct situat la distanța $r = 0,125$ m de ax se deplasează cu $v' = 0,4$ m/s. Calculați:

a) raza R a discului;

b) viteza unghiulară;

c) accelerațiile normale (centripete) ale celor două puncte.

1.7.16. O placă plană $ABCD$ are dimensiunile $1,2 \times 2,4$ m. Placa se rotește uniform în planul său în jurul unui ax ce trece prin A făcînd $n = 60$ rotații într-un minut. Calculați vitezele unghiulare și liniare, precum și accelerațiile punctelor B, C, D și a centrului O al plăcii. Figurați vectorii viteză și accelerație pentru punctele indicate.

1.7.17. Peste un scripete fix de rază R și masă M este trecută o sfoară, iar la capetele ei sînt prinse două mase m_1 și m_2. Să se afle:

a) accelerația corpurilor m_1 și m_2;

b) accelerația unghiulară a scripetelui;

c) tensiunile din fire;

d) efortul din punctul de sprijin al scripetelui.

1.7.18. O roată care se învîrtește cu turația 1500 rot/min, se oprește prin frînare după 30 s mișcîndu-se cu accelerația unghiulară constantă. Să se găsească accelerația unghiulară și numărul de rotații efectuate pînă la oprire.

1.7.19. Un corp începe să se rotească cu o accelerație unghiulară constantă de $0,04\ s^{-2}$. După cît timp de la începerea mișcării accelerația totală a unui punct oarecare al corpului poate fi orientată sub unghiul de 76° față de viteza aceluiași punct?

1.7.20. Doi cilindri, unul gol și celălalt plin, au același moment de inerție și aceeași viteză liniară, dar raze diferite. Știind că cel gol are masa de 1 kg și momentul cinetic $0,4\ kg \cdot m \cdot s^{-2}$, iar cel plin are momentul cinetic $0,6\ kg \cdot m \cdot s^{-2}$, să se calculeze masa cilindrului plin.

1.7.21. Momentul de inerție al unui cilindru plin, omogen, în raport cu axul său este $I = 1/2\ MR^2$. Să se calculeze momentul de inerție al unui cilindru plin de platină cu raza $R = 2$ cm, înălțimea $h = 2$ cm și $\rho = 21,5 \cdot 10^3\ kg/m^3$.

1.7.22. Două corpuri cu masele m_1 și m_2 sînt legate de capetele unui fir care trece peste un scripete cu masa M și cu momentul de inerție I (fig. 1.7.22. Se consideră că firul nu alunecă pe scripete. Să se calculeze:

a) accelerația corpurilor;

b) tensiunea în fir și efortul în suportul scripetelui.

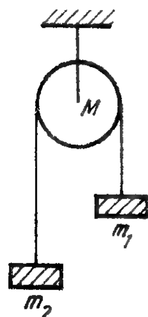


Fig. 1.7.22

1.7.23. Un cilindru omogen de rază R se rotește, fără alunecare, pe un plan înclinat cu unghiul α față de orizontală. Cilindrul este lăsat liber de la înălțimea h ($h > R$). Viteza inițială a cilindrului este nulă. Să se calculeze:

a) Viteza centrului de masă și viteza unghiulară de rotație a cilindrului în momentul cînd acesta atinge planul orizontal;

b) forța de frecare a cilindrului pe plan;

c) coeficientul de frecare μ pentru care cilindrul se poate rostogoli fără alunecare, pe planul înclinat.

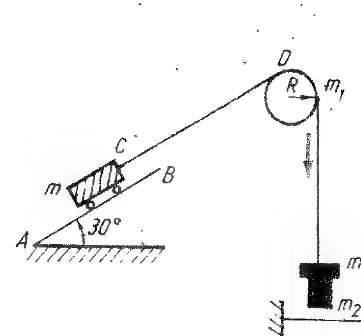


Fig. 1.7.25

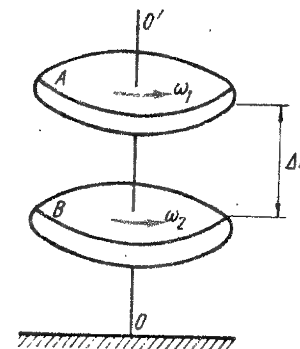


Fig. 1.7.27

1.7.24. O roată sub forma unui disc cu masa $M = 8$ kg și $R = 30$ cm se află în repaus. Să se calculeze:

a) Lucrul mecanic necesar pentru a aduce roata în mișcare de rotație cu $\omega = 10\ rad/s^{-1}$;

b) lucrul mecanic cheltuit dacă discul ar fi avut o grosime mai mică dar o rază de 2 ori mai mare, masa rămînînd aceeași.

1.7.25. Scripetele unei mașini Atwood are o masă $m_1 = 10$ g și $R = 10$ cm. Cei doi cilindri suspendați de capetele firului trecut peste scripete au fiecare o masă $m_2 = 50$ g. Pe cilindrul de pe platformă se așază o suprasarcină de masă $m_3 = 10$ g. Masa firului este neglijabilă.

a) Sistemul este pus în mișcare făcînd să cadă platforma. Care va fi viteza unghiulară a scripetelui în momentul în care cilindrul care poartă suprasarcina a parcurs o distanță $S = 1$m? Se va rezolva problema neglijînd la început masa scripetelui, apoi ținînd seama de ea.

b) Se înlocuiește al doilea cilindru cu un cărucior mobil care urcă fără frecare pe un plan AB, inclinat cu un unghi $\alpha = 30°$ față de orizontală (fig. 1.7.25). Căruciorul are o masă $m = 50$ g și firul CD care îl trage are mereu aceeași direcție paralelă cu AB în planul scripetelui. Să se răspundă la aceleași întrebări ca la punctul a.

1.7.26. Un cilindru omogen de masă M și rază R este mobil în jurul axei sale situată orizontal. Cilindrul este pus în mișcare cu ajutorul unui fir, de diametru și masă neglijabile, înfășurat regulat pe cilindru, fixat la un capăt într-un punct de la margine și avînd la celălalt capăt un corp de masă m supus acțiunii gravitației. Neglijînd frecările să se calculeze:

a) După cît timp turația cilindrului va fi de o rot/s, sistemul plecînd din repaus ($R = 10$ cm, $M = 25$ kg și $m = 20$ g);

b) relația dintre M și m pentru ca accelerația corpului de masă m să fie 1/10 din g.

1.7.27. Două discuri identice se rotesc în jurul axei verticale OO' cu viteze unghiulare ω_1 și ω_2 (fig. 1.7.27). Discul A cade încet pe discul B. Viteza pe verticală a discului A cînd ajunge pe B se consideră nulă. Diferența Δh între discuri se neglijează. Din momentul atingerii discurilor ele se rotesc împreună datorită coeficientului mare de frecare între suprafețele lor. Se cere:

a) Viteza unghiulară ω cu care discurile se rotesc împreună și variația de energie cinetică a discurilor;

b) să se compare cu ciocnirea neelastică a două corpuri de mase egale.

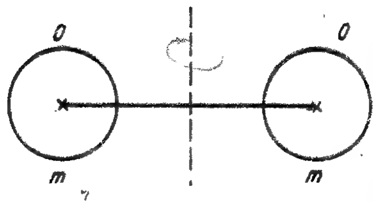


Fig. 1.7.28

1.7.28. Molecula de oxigen are o masă totală de $5,30 \cdot 10^{-26}$ kg şi un moment de inerţie de $1,94 \cdot 10^{-46}$ kg · m² în jurul unei axe perpendiculare pe mijlocul distanţei dintre atomi (fig. 1.7.28). Să presupunem că o astfel de moleculă are o viteză medie de 500 m/s şi că energia cinetică de rotaţie este egală cu 2/3 din energia sa cinetică de translaţie. Să se afle viteza unghiulară medie a moleculei.

1.7.29. Un cerc cu raza de 3 m are masa de 150 kg. Cercul se rostogoleşte pe o podea orizontală astfel încît centrul său de masă are o viteză de 0,10 m/s. Ce lucru mecanic trebuie efectuat pentru a opri cercul din mişcarea sa?

1.7.30. Se presupune că Pămîntul este o sferă de densitate uniformă.
a) Care este energia sa cinetică de rotaţie ($R_p = 6,4 \cdot 10^3$ km şi $M_p = 6 \cdot 10^{24}$ kg);
b) să presupunem că această energie ar fi utilizată de om. Cît timp ar putea Pămîntul furniza o putere de 1 kW fiecăreia din cele $3,5 \cdot 10^9$ persoane de pe Pămînt $\left(I = \frac{2}{5} MR^2\right)$?

1.7.31. Motorul unui automobil, rotindu-se cu o turaţie de 1800 rot/min dezvoltă o putere de 100 CP. Care este valoarea momentului dezvoltat de acest motor?

CAPITOLUL 8

ECHILIBRUL MECANIC AL CORPURILOR

1.8.1. De ce ne este mai greu să tragem o sanie sau un cărucior cînd sfoara este mai scurtă? De ce ne este, de asemenea, greu să tragem cînd ţinem mîna prea sus?

1.8.2. Cînd trebuie să fie mai rezistentă sfoara care susţine un tablou? Cînd este mai lungă, sau cînd este mai scurtă?

1.8.3. Un biciclist pune bicicleta în mişcare, apăsînd pedala cu piciorul. De ce cînd piciorul şi pedala sînt în poziţia din figura 1.8.3, *a* bicicleta se pune mai uşor în mişcare decît cînd sînt în poziţia din figura 1.8.3, *b*? În ce poziţie a pedalei apăsarea piciorului nu determină nici o mişcare?

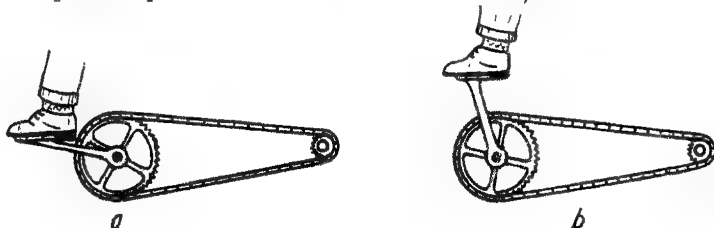


Fig. 1.8.3

1.8.4. De ce putem desface şuruburile mai uşor cu o şurubelniţă care are minerul gros decît cu o şurubelniţă cu miner subţire?

1.8.5. Se schimbă poziţia centrului de greutate al unui creion dacă folosim 5 cm din el? În ce direcţie se deplasează şi cu cît?

1.8.6. De ce ne este mult mai greu să mergem pe un fir decît pe o şină?

1.8.7. Două camioane identice, se încarcă, unul cu baloturi de bumbac iar altul cu saci cu grîu. Încărcătura celor două camioane are aceeaşi masă. Care din cele două camioane are stabilitate mai mare?

1.8.8. Pentru ce cînd vrem să ne ridicăm de pe scaun este neapărat necesar să ne aplecăm înainte? De ce omul care poartă un corp greu în spate se apleacă înainte?

1.8.9. Care corp alunecă, ajungînd cu o viteză mai mare la baza unui plan înclinat: unul mai greu sau unul mai uşor (Coeficientul de frecare este acelaşi iar corpurile pleacă din acelaşi punct al planului)?

1.8.10. Într-un punct *A* acţionează două forţe $F_1 = 16$ N şi $F_2 = 4$ N, ale căror direcţii fac unghiul $\alpha = 60°$. Să se calculeze valoarea rezultantei *R* a acestor forţe.

1.8.11. Să se calculeze valoarea rezultantei a trei forţe egale, $F_1 = F_2 = F_3$, aplicate în acelaşi punct, care formează între ele unghiuri de 120°.

1.8.12. Două forţe egale F_1 şi F_2 care formează între ele unghiul $\alpha_1 = 90°$ sînt aplicate unui corp. Sub ce unghi trebuie aplicate aceluiaşi corp, şi în planul primelor două forţe, alte două forţe egale F_3 şi F_4, pentru ca acel corp să fie în echilibru?

1.8.13. Un corp de greutate *G* se află pe un plan înclinat cu unghiul α faţă de orizontală. Se cer:
a) componentele greutăţii: în lungul planului şi normală pe plan;
b) unghiul planului pentru care componenta normală a greutăţii este de două ori mai mare decît componenta în lungul planului. Se dau $G = 200$ N, $\alpha = 30°$.

1.8.14. Un corp poate fi menţinut în echilibru pe un plan înclinat cu forţa $F_1 = 3$ N paralelă cu planul sau cu forţa $F_2 = 5$ N orizontală. Ştiind că între corp şi plan nu există frecări să se afle:
a) greutatea corpului;
b) unghiul format de plan cu direcţia orizontală;
c) reacţiunea normală a planului în cele două cazuri.

1.8.15. O scîndură de greutate *G* este fixată pe un perete vertical, prin apăsare, cu o forţă *F* care face unghiul α cu orizontala. Coeficientul de frecare între scîndură şi perete este μ. Să se stabilească între ce limite poate varia valoarea forţei *F* pentru ca scîndura să rămînă în echilibru pe perete.

1.8.16. O placă pătrată de masă $m = 20$ kg presupusă omogenă este suspendată în poziţie orizontală cu ajutorul a patru fire de lungime $l = 2$ m. Diagonala pătratului fiind $d = 2\sqrt{3}$ m să se determine valorile tensiunilor ce se exercită în firele suspendate în acelaşi punct.

1.8.17. Un corp de masă *m* se află pe o suprafaţă orizontală pe care se poate deplasa fără frecare. Corpul este legat printr-un resort orizontal cu constanta elastică *k*. Lungimea resortului în stare netensionată este x_0. Începînd cu momentul $t_0 = 0$ asupra corpului acţionează forţa constantă *F*.

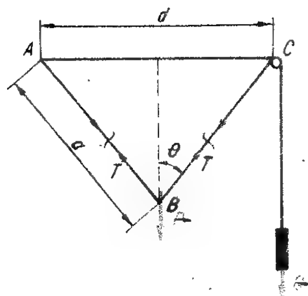


Fig. 1.8.19

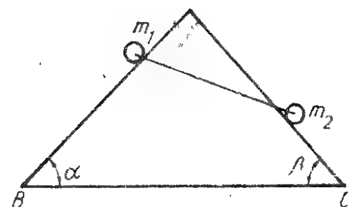


Fig. 1.8.21

Să se calculeze:

a) deplasarea maximă de la poziţia de echilibru sub acţiunea forţei F;

b) deplasarea maximă de la poziţia de echilibru dacă forţa F creşte foarte încet de la zero la valoarea F.

1.8.18. O riglă de un metru este în echilibru pe muchia unui cuţit în dreptul diviziunii 50 cm. Dacă două monede sînt lipite pe diviziunea 12 cm, rigla astfel încărcată este în echilibru în dreptul diviziunii 45,5 cm. O monedă are masa de 5 g. Care este masa riglei?

1.8.19. Un fir legat în A poartă o greutate P în B, trece în C peste un scripete şi este întins de o greutate Q la capătul său liber. Greutatea P aflîndu-se pe perpendiculara ridicată pe mijlocul segmentului AC, să se determine raportul între P şi Q cînd sistemul se află în echilibru (fig. 1.8.19).

1.8.20. Pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 45°$ faţă de orizontală se află un corp cu greutatea $G = 490$ N. Corpul este tras în sus de o forţă Q, care face cu planul înclinat unghiul $\beta = 30°$. Cunoscînd coeficientul de frecare dintre corp şi plan $\mu = 0{,}27$ se cere:

a) între ce limite variază Q pentru a menţine corpul în echilibru?;

b) forţa maximă de apăsare pe plan;

c) forţa de frecare maximă.

1.8.21. Un cadru rigid de sîrmă în formă de triunghi, ABC, este aşezat într-un plan vertical. Pe laturile AB şi AC ale triunghiului alunecă fără frecare două bile de mase m_1 şi m_2 legate între ele printr-un fir (fig. 1.8.21). Firul este mai mic decît latura BC. Să se determine:

a) unghiul γ format de fir cu latura AB, în cazul echilibrului;

b) tensiunea din fir în acest caz. Aplicaţie numerică $m_1 = 1$ kg; $m_2 = 2$ kg; $\alpha = \beta = 45°$.

1.8.22. Un fir este suspendat în două puncte A şi B. Pe el poate aluneca fără frecare un inel de greutate G, de care e prins un alt fir, care trece peste un cui D (fig. 1.8.22). De capătul firului atîrnă un corp de greutate P.

a) Se cere greutatea P pentru ca firul să se aşeze sub unghi drept formînd cu orizontala unghiul α în A şi unghiul $(90 - \alpha)$ în B;

b) se presupune că cele două porţiuni de fir AC şi BC sînt legate separat de punctul C. În acest caz nu mai este necesar corpul de greutate P. Se cer tensiunile T_1 în AC şi T_2 în BC.

1.8.23. Două fire identice (AB) sînt ţinute sub unghiul α prin firul desenat punctat, de care atîrnă, la capete, corpurile de greutate G şi care trece prin

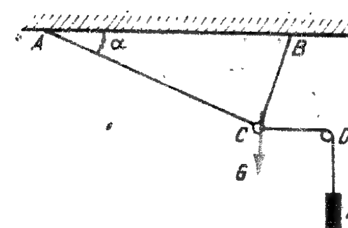


Fig. 1.8.22

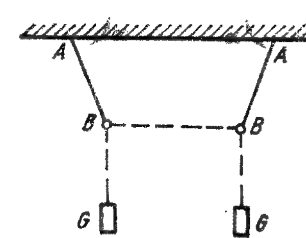


Fig. 1.8.23

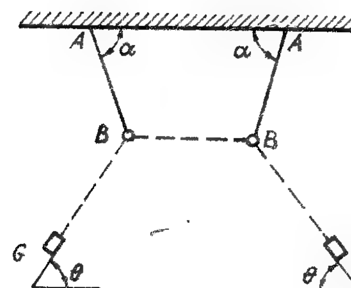


Fig. 1.8.24

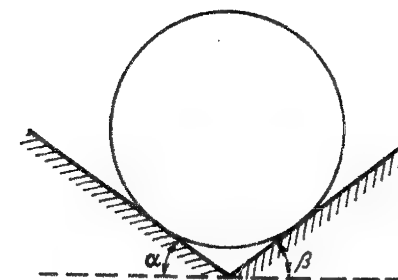


Fig. 1.8.25

două inele, fără greutate proprie, B. Să se determine unghiul α; discuţie. Să se rezolve aceeaşi problemă presupunînd că inelele au greutatea P (fig. 1.8.23).

1.8.24. Două pendule identice AB sînt ţinute sub unghiul α cu ajutorul firului, (desenat punctat în fig. 1.8.24), care are la capete două corpuri, fiecare de greutate G. Firul trece prin inelele B de greutate P iar corpurile de greutate G sînt situate pe plane înclinate sub unghiul θ. Se cere unghiul α şi tensiunea T în firul pendulelor.

1.8.25. O sferă cu masă de 5 kg se sprijină pe două suprafeţe netede, $\mu = 0$, formînd cu orizontala unghiurile $\alpha = 35°$ şi $\beta = 20°$, figura 1.8.25. Să se afle forţele cu care sfera apasă pe cele două suprafeţe.

1.8.26. Fie o bară de greutate G şi lungime l, ţinută în echilibru sub unghiul de 60° de un fir pe care poate aluneca un corp de greutate P (fig. 1.8.26). Se cere P astfel încît firul să facă 30° cu orizontala.

1.8.27. Fie o bară BC de greutate G şi lungime l, rezemată în A, (fig. 1.8.27). Se cere forţa F, la echilibru, în funcţie de $BA = x$.

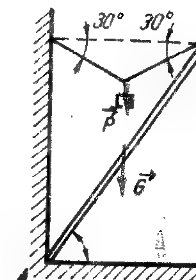


Fig. 1.8.26

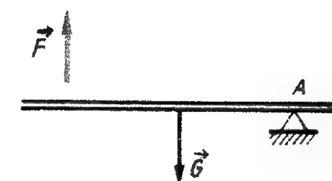


Fig. 1.8.27

1.8.28. O riglă omogenă AB este mobilă în jurul unei axe orizontale ce trece prin centrul său O. În punctul M aflat la jumătatea distanței AO se așază un corp cu greutatea G_1 de 1 N. Ce forță, G_2, trebuie să acționeze la extremitatea B pentru a menține rigla orizontală?

1.8.29. Pentru a ridica roțile din față ale unui automobil trebuie să se aplice în mijlocul dreptei care unește axele roților o forță de 455 N. Aceeași operație asupra roților din spate necesită o forță de 345 N. Care este greutatea automobilului?

1.8.30. Un camion cu masa $M = 6000$ kg se deplasează cu viteza v pe o șosea rectilinie. La intrarea pe un pod orizontal cu lungimea $l = 120$ m, camionul este frînat astfel încît acesta se deplasează pînă la oprire pe pod în timpul $t = 8$ s. Coeficientul de frecare pe pod este $\mu = 0,25$. Să se calculeze:

a) viteza camionului la intrarea pe pod;

b) forțele de apăsare exercitate de camion pe cele două capete de pod, după oprire. Se consideră $g = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1.8.31. O bară omogenă de lungime l se sprijină în punctele A și B. Distanțele de la punctele A și B pînă la capetele barei sînt l_1 și respectiv l_2. Greutatea barei este G. Să se calculeze reacțiunile F_1 și F_2 în punctele de sprijin.

1.8.32. Se consideră o bară AB rigidă și de greutate neglijabilă. Asupra barei acționează un sistem de forțe paralele: $F_1 = 2$ N; $F_2 = 1$ N, $F_3 = 3$ N, $F_4 = 4$ N, $F_5 = 5$ N. Bara are lungimea $AB = 6a$. Să se calculeze forțele paralele F_A și F_B cu care trebuie acționat la capetele barei astfel încît aceasta să se afle în echilibru sub acțiunea sistemului format din cele șapte forțe.

1.8.33. O scară de lungime $l = 6$ m și masă $m_s = 50$ kg se sprijină pe un perete într-un punct situat la înălțimea $h = 4,8$ m deasupra solului. Centrul de greutate al scării este la o treime de bază. Un om cu masa $m = 80$ kg se urcă pînă la jumătatea scării.

a) Presupunînd că între scară și perete nu există frecări, să se afle forța de frecare dintre scară și sol.

b) Coeficientul de frecare dintre sol și scară fiind $\mu = 0,4$, cît de sus se poate urca omul, fără ca scara să alunece $\left(g = 10\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$?

1.8.34. O locomotivă avînd greutatea de $12 \cdot 10^5$ N se oprește pe un pod cu deschiderea de 30 m. Dacă unul din picioarele podului suportă $8 \cdot 10^5$ N să se calculeze la ce distanță de picioarele podului s-a oprit locomotiva.

1.8.35. Asupra unui corp acționează două forțe paralele $F_1 = 20$ N și $F_2 = 50$ N îndreptate în sens contrar. Să se găsească mărimea și punctul de aplicație al rezultantei, distanța dintre cele două forțe fiind de 75 cm.

1.8.36. Pîrghia unei balanțe are brațele neegale. Dacă se așază un obiect pe platanul din stînga el cîntărește 36 N iar dacă îl punem pe cel din dreapta obiectul cîntărește 39 N. Care este greutatea reală a obiectului (fig. 1.8.36)?

1.8.37. Trei muncitori transportă o grindă cu lungimea de 4 m și greutatea de 900 N. Unul o susține la un capăt iar ceilalți doi, prin intermediul unei bare, susțin celălalt capăt al grindei.

a) Să se determine distanța la care s-a așezat bara sub grindă știind că cei trei muncitori depun același efort.

b) Se sprijină capetele grindei pe doi pereți; la 1 m față de capătul din dreapta se atîrnă un corp cu greutatea de 2 kN. Care sînt forțele de apăsare pe pereți?

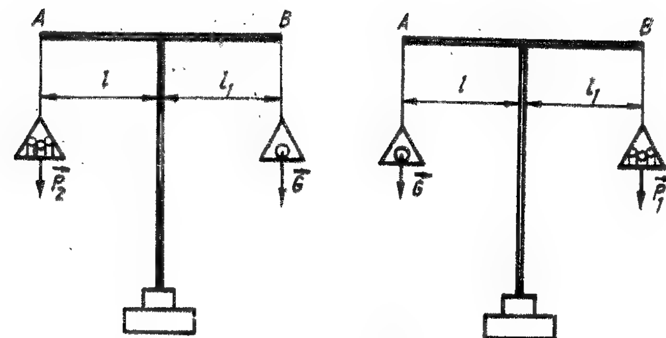


Fig. 1.8.36

1.8.38. Un stîlp vertical AB este tras sub un unghi α cu un cablu de lungime constantă l. Forța cu care este tras este de asemenea constantă și egală cu F (fig. 1.8.38). Capătul D al cablului se află tot timpul pe orizontală. Să se afle în funcție de unghiul α valoarea momentului forței F în raport cu punctul A. Pentru ce unghi α' momentul forței este maxim?

1.8.39. O bară omogenă de lungime $l = 2$ m are densitatea liniară de masă $f_0 = 5$ kg/m. Bara este fixată și la capetele ei sînt suspendate masele $m_1 = 4$ kg respectiv $m_2 = 6$ kg. Să se determine punctul în care, suspendînd bara, aceasta rămîne orizontală.

1.8.40. O bară de lungime $l = 0,7$ m este formată prin sudarea a două bucăți de lungimi egale și de mase $m_1 = 10$ kg și respectiv $m_2 = 20$ kg. Să se determine poziția centrului de greutate al barei.

1.8.41. O bară omogenă are greutatea $G_0 = 40$ N și lungimea $l = 2$ m. La capetele barei sînt așezate două corpuri de greutăți $G_1 = 60$ N și respectiv $G_2 = 100$ N. Să se afle:

a) punctul unde trebuie sprijinită bara pentru a fi în echilibru orizontal;

b) legea de mișcare a corpului de greutate G_2 astfel încît bara să rămînă orizontală dacă i se imprimă corpului de greutate G_1 o mișcare uniformă cu viteza v_1 spre punctul de suspensie ($v_1 = 0,1$ m/s);

c) în ce moment echilibrul barei se modifică?

1.8.42. Patru bile de mase $m_1 = 1$ kg, $m_2 = 2$ kg, $m_3 = 3$ kg și $m_4 = 4$ kg sînt dispuse astfel încît centrele lor se află la distanțe egale $d = 0,6$ m. Să se afle poziția centrului de masă al sistemului format de cele patru bile, dacă ele sînt dispuse:

a) în linie dreaptă,

b) în vîrfurile unui pătrat.

1.8.43. Dintr-un punct A situat la înălțimea $h = 1280$ m față de Pămînt se lasă un corp să cadă liber. În același moment se lansează un corp identic cu primul, cu viteza inițială $v_0 = 80$ m/s, în direcție orizontală.

a) Exprimați dependența de timp a poziției centrului de masă al sistemului format de cele două corpuri în timpul mișcării;

b) aflați traiectoria centrului de masă al sistemului.

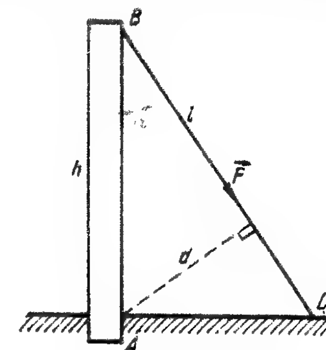


Fig. 1.8.38

1.8.44. La capetele unei bare cu lungimea de 12 m se găsesc două corpuri cu greutățile $G_1 = 500$ N și $G_2 = 700$ N. Corpurile se mișcă unul spre celălalt cu vitezele $v_1 = 2$ cm/s și $v_2 = 4$ cm/s. Neglijind greutatea barei să se determine:

a) poziția centrului de masă al sistemului la începutul mișcării;
b) poziția centrului de masă în momentul întîlnirii corpurilor;
c) viteza cu care s-a deplasat centrul de masă.

1.8.45. Trei lucrători trebuie să ducă o placă pătrată, omogenă, de latură a și greutate $3P$, menținînd planul său orizontal. Unul ține de vîrful A ceilalți 2 țin de periferia plăcii plasîndu-se pe o perpendiculară la diagonala AC (fig. 1.8.45). Să se afle poziția celor doi lucrători care țin de periferie astfel încît toți trei să fie egali încărcați.

– **1.8.46.** Un disc circular de 5 mm grosime avînd 80 cm diametru este suspendat de un fir într-un punct situat la 4 cm de centrul său (fig. 1.8.46). În ce poziție trebuie să se așeze pe acest disc un altul de 20 mm grosime, 20 cm diametru și din același material pentru ca sistemul de discuri să stea orizontal?

– **1.8.47.** Care este poziția centrului de greutate al unei plăci omogene de forma și dimensiunile date în figura 1.8.47, dacă greutățile porțiunilor plăcii sînt proporționale cu suprafețele lor?

– **1.8.48.** O bară de 20 cm lungime este formată din două bucăți egale de cupru și aluminiu. Care este poziția centrului de greutate al barei dacă secțiunea barei este constantă pe toată lungimea?

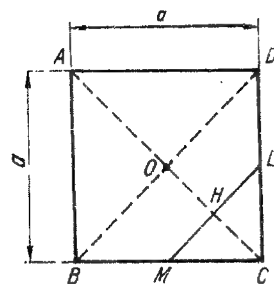


Fig. 1.8.45

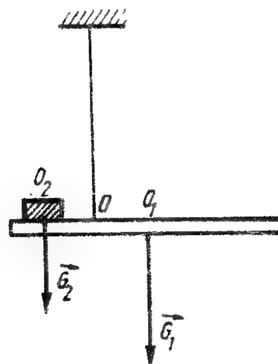


Fig. 1.8.46

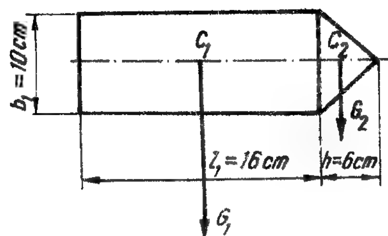


Fig. 1.8.47

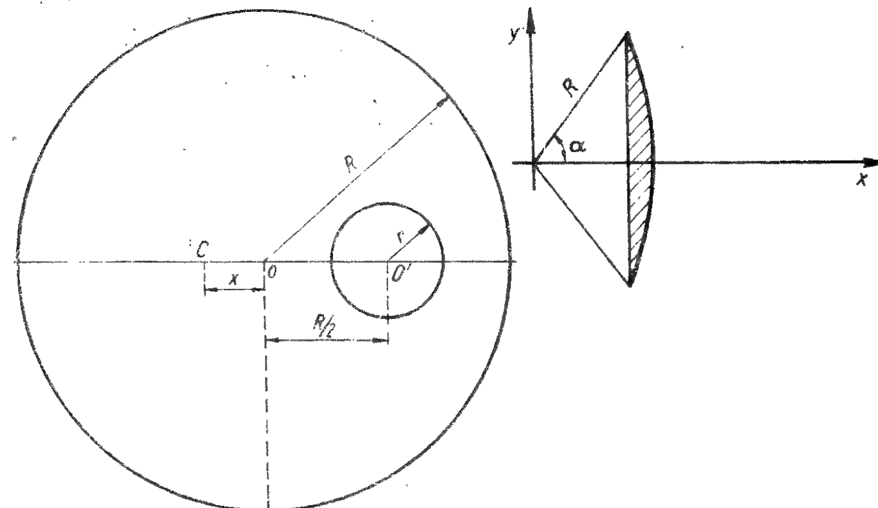


Fig. 1.8.49 Fig. 1.8.50

1.8.49. Într-un disc omogen de rază R se practică o deschidere sub forma unui cerc de rază $r \ll R/2$ (fig. 1.8.49). Centrul O' al deschiderii se află la o distanță OO' egală cu $R/2$ de centrul discului. Să se calculeze distanța x de la centrul O al discului la centrul de greutate C al corpului în funcție de razele r și R.

1.8.50. Să se determine poziția centrului de greutate al unui corp cu secțiunea de forma unui segment de cerc de rază R (fig. 1.8.50) avînd unghiul la centru 2α radiani.

CAPITOLUL 9

MECANICA FLUIDELOR

STATICA FLUIDELOR

1.9.1. Presiunea este o mărime scalară, în timp ce forța care o determină este o mărime vectorială. Cum se explică aceasta? Exemplificați.

1.9.2. Avem trei vase, ca în figura 1.9.2, care au aceeași suprafață a bazei.

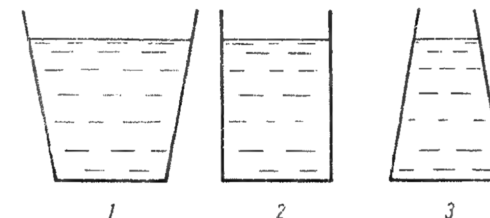


Fig. 1.9.2

a) Se toarnă în cele trei vase un lichid, pînă la aceeași înălțime. Cîntărind lichidele din fiecare vas, se constată că ele au mase diferite. Presiunea la baza vasului va fi diferită sau nu? Explicați.

b) Dacă în cele trei vase se toarnă lichide diferite cu densitățile $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$, pînă la aceeași înălțime, greutățile lichidelor vor fi diferite. Cum va fi presiunea la baza fiecărui vas?

1.9.3. Un vas cilindric cu raza $R = 5$ cm și înălțimea $h = 60$ cm se umple cu apă. Să se determine forța de apăsare exercitată de apă:

a) la baza cilindrului;

b) pe suprafața laterală a cilindrului.

1.9.4. La baza unui cilindru se află un piston cu masa $M = 2$ kg și raza $R = 5$ cm, care se poate mișca în cilindru fără frecare. În mijlocul pistonului se taie un orificiu cu raza $r = 1$ cm, de care se sudează o țeavă. Prin aceasta se toarnă 1 kg de apă (fig. 1.9.4). La ce înălțime h față de baza cilindrului se ridică pistonul?

1.9.5. Cu ajutorul unui manometru în formă de U, cu capetele deschise și cu diametrele ramurilor diferite, se măsoară presiunea dintr-o incintă. Legîndu-se la incintă ramura cu diametrul mai mic manometrul indică o presiune $p = H - \rho gh$. Ce presiune va indica manometrul dacă se cuplează la incintă ramura de diametru mai mare? Trebuie reetalonat manometrul, sau nu?

1.9.6. Cu un manometru în formă de U se măsoară presiunea dintr-o incintă. Diferența de nivel a lichidului din cele două ramuri, A și B, este h, iar lungimea coloanei de lichid din ramura B este $L_0 = 17{,}07$ cm (fig. 1.9.6). Se înclină ramura B cu un unghi $\alpha = 45°$ față de orizontală. Să se determine:

a) presiunea din incintă;

b) lungimea coloanei de lichid din ramura B;

c) presiunea din incintă și lungimea coloanei de lichid din ramura B, dacă aceasta se află în poziție orizontală.

1.9.7. Într-un tub vertical în formă de U se introduce un lichid omogen, a cărui coloană are lungimea l. Printr-un mijloc oarecare se dezechilibrează lichidul din tub. Să se calculeze perioada micilor oscilații ale lichidului din tub, dacă se neglijează forțele de frecare și forțele capilare.

1.9.8. Să se calculeze lucrul mecanic consumat pentru a ridica pistonul mare al unei prese hidraulice pe distanța $l_1 = 0{,}7$ m, dacă raportul diametrelor pistoanelor este $d_1/d = 10$, iar pistonul mic este acționat de o pîrghie la care unul din brațe este de $n = 5$ ori mai mare decît celălalt. Forța care acționează brațul mare este de 600 N, iar randamentul presei hidraulice de 70 %.

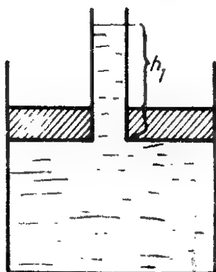


Fig. 1.9.4

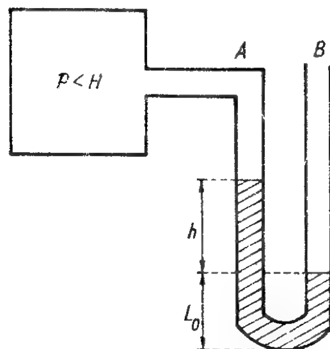


Fig. 1.9.6

1.9.9. Cu ajutorul unei prese hidraulice trebuie să comprimăm un corp cu o forță $F_1 = 10^6$N. Dacă raportul suprafețelor pistoanelor este $S_1/S = 10$, puterea consumată de 5 kW, cu un randament de 70%, iar pistonul mic coboară cu $l = 10$ cm la o apăsare, să se calculeze frecvența apăsărilor pe acest piston.

1.9.10. Într-un vas cilindric se toarnă mercur, după care se toarnă apă, astfel încît greutățile celor două lichide să fie egale. Înălțimea pe care o au cele două lichide în vasul cilindric este de $h = 14{,}6$ cm. Să se determine presiunea pe care o exercită cele două lichide la baza vasului cilindric, dacă se dă: densitatea apei $\rho_a = 10^3$ kg/m^3, densitatea mercurului $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3$ kg/m^3, $g = 10$ m/s^2.

1.9.11. Un vas în care se găsește un fluid de densitate ρ se mișcă astfel:

a) pe verticală în sus cu o accelerație a;

b) pe verticală în jos cu accelerația a;

c) cade liber.

Să se deducă pentru toate aceste trei cazuri expresia presiunii hidrostatice la adîncimea h din fluid.

1.9.12. Un corp paralelipipedic este introdus în poziție verticală într-un vas în care se află un fluid, astfel încît se cufundă parțial în fluid. Se schimbă nivelul fluidului din vas, dacă se introduce corpul în poziție orizontală? Explicați. Dar cînd corpul are altă formă?

1.9.13. O bucată de gheață plutește într-un pahar cu apă. Dacă gheața se topește complet, nivelul apei din pahar se schimbă? Răspundeți în cazurile:

a) gheața este perfect omogenă;

b) gheața conține în ea un corp străin;

c) gheața conține bule de aer.

1.9.14. Într-un pahar cu apă se află cufundată o cutie în care se află un corp cu densitatea $\rho_c > \rho_a$. Se schimbă nivelul apei din pahar, dacă se scoate corpul din cutie și se introduce în paharul cu apă?

1.9.15. Un corp de formă cilindrică plutește într-un vas cu apă, astfel încît apa acoperă 0,9 din înălțimea corpului. Se toarnă apoi ulei în vasul cu apă, pînă cînd corpul este complet acoperit de ulei. Să se determine cît din înălțimea cilindrului se află în apă și cît se află în ulei, dacă densitatea apei $\rho_a = 10^3$ kg/m^3, iar densitatea uleiului $\rho_u = 8 \cdot 10^2$ kg/m^3. Rezultatul se schimbă cînd corpul are altă formă?

1.9.16. Un corp de formă paralelipipedică plutește pe apă, fiind cufundat jumătate din volumul său. Introdus în ulei, se cufundă 0,625 din volumul său. Să se determine densitatea corpului și densitatea uleiului, dacă densitatea apei este $\rho_a = 10^3$ kg/m^3.

1.9.17. Un corp avînd densitatea $\frac{26}{27} \cdot 10^3$ kg/m^3, de formă conică, cu raza bazei $R = 30$ cm, introdus într-un vas cu apă în poziție verticală, cu vîrful conului în sus, se cufundă parțial. Să se determine raza r a cercului de intersecție a suprafeței apei cu conul.

1.9.18. Un corp de formă sferică, cu densitatea $\rho_1 = 800$ kg/m^3, gol pe dinăuntru, are raza interioară $R_i = 1$ cm și raza exterioară $R_e = 2$ cm.

Ce valoare trebuie să aibă densitatea materialului, ρ_2, cu care se umple corpul sferic pentru ca acesta să plutească în interiorul lichidului?

1.9.19. Se cîntărește un corp cu o balanță aflată sub un clopot de sticlă. Corpul are masa $m = 200$ g iar volumul $V = 1$ l, mult mai mare decît volumul corpurilor de masă etalon cu care s-a făcut cîntărirea. Să se determine greutatea reală a corpului, dacă se ține seamă de legea lui Arhimede și dacă sub balon se află aer la presiunea atmosferică. Care este eroarea de măsură față de cazul inițial?

Ce se întîmplă cu brațele balanței dacă:

a) presiunea aerului de sub clopotul de sticlă este mai mică decît presiunea atmosferică;

b) presiunea aerului de sub clopotul de sticlă este mai mare decît presiunea atmosferică. Se dă: densitatea aerului la presiunea atmosferică, $\rho_0 = 1,25$ kg/m^3, densitatea etaloanelor de cîntărire $\rho_1 = 8\,800$ kg/m^3.

1.9.20. Un corp se cîntărește cu o balanță analitică de precizie, aflată sub un clopot de sticlă. Cînd sub clopotul de sticlă se află aer la presiunea atmosferică, brațele balanței sînt în echilibru. Ce se întîmplă cu brațele balanței dacă:

a) este scoasă o parte din aerul de sub clopotul de sticlă;

b) este pompat aer din exterior sub clopotul de sticlă.

Să se studieze toate cazurile posibile și să se comenteze.

1.9.21. Un sac mare de hîrtie, împăturit, se cîntărește cu ajutorul unei balanțe de precizie. După aceea, sacul se desface, el se umple cu aer și se cîntărește din nou. Va avea aceeași greutate ca în primul caz? Dar dacă balanța este acoperită cu un clopot de sticlă din care s-a scos complet aerul (vid), cum vor fi cele două cîntăriri?

1.9.22. Un pahar cu apă este pus pe brațul unei balanțe și balanța se echilibrează. Se cufundă în paharul cu apă un corp metalic suspendat de un fir. Se schimbă echilibrul balanței? Dar dacă se înlocuiește corpul metalic cu un dop de plută, ce se întîmplă?

1.9.23. Apa unui fluviu este oprită de un dig care are forma unui paralelipiped, cu lungimea $L = 20$ m, avînd densitatea $\rho = 3 \cdot 10^3$ kg/m^3. Să se determine:

a) forța exercitată de apă asupra digului, dacă înălțimea fluviului este de $h = 6$ m, iar direcția de curgere a fluviului este perpendiculară pe lungimea digului;

b) grosimea minimă D pe care trebuie să o aibă digul pentru ca apa să nu-l răstoarne, dacă forța de presiune are punctul de aplicație la o treime din înălțimea apei, măsurată de la albia fluviului.

1.9.24. O tijă subțire are un capăt fixat într-o articulație față de care se poate roti fără frecare, articulația fiind prinsă de peretele unui vas în care se află un lichid de densitate ρ_0. Să se determine densitatea tijei ρ dacă aceasta se cufundă parțial în lichid, astfel încît la echilibru o fracțiune $K < 1$ din lungimea totală a tijei se află în aer. Se neglijează forțele capilare.

1.9.25. Un corp aflat deasupra unui bazin cu apă este aruncat pe verticală, în jos, cu viteza de 1 m/s. Pătrunzînd în apă, se constată că în timp de 0,4 s parcurge un spațiu de 1 m. Să se determine densitatea corpului, dacă se neglijează toate forțele de frecare (în aer și în apă), și se consideră $g = 10$ m/s^2.

1.9.26. Un submarin se află la o adîncime $h = 50$ m sub nivelul mării. Pentru ca un scafandru să iasă din submarin în mare, el intră inițial într-o

cameră de evacuare care este prevăzută cu un capac metalic circular cu masa $m = 5$ kg și cu diametrul $d = 1$ m, fiind înclinat față de orizontală cu unghiul $\alpha = 45°$. Se umple camera de evacuare cu apă apoi, cu multă ușurință, scafandrul poate să ridice capacul și să iasă în mare. Dacă însă în camera de evacuare se află aer la presiunea atmosferică, cu ce forță F trebuie împins capacul, de la partea lui inferioară, fiind articulat la partea superioară, ca el să se deschidă. Se dă: densitatea apei de mare $\rho_a = 1\,026$ kg/m^3, $g = 10$ m/s^2.

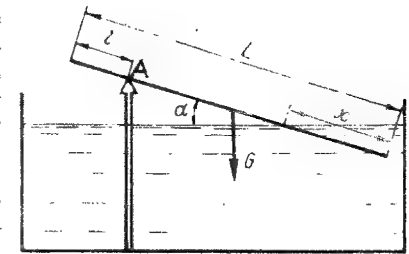


Fig. 1.9.27

1.9.27. O tijă subțire de lungime L și densitate ρ este sprijinită ca în figura 1.9.27 intrînd parțial în apă, distanța de la punctul de sprijin, A, la partea superioară a tijei fiind l. Să se determine cît din lungimea tijei se află în apă, dacă se neglijează forțele capilare.

1.9.28. Un densimetru are volumul balonului de sticlă V, de două ori mai mare decît volumul tijei de sticlă situată la capătul superior al densimetrului. Introducînd densimetrul într-un vas cu apă, tija lui intră în apă pînă la o treime din lungimea sa. Să se determine:

a) densitățile, minimă și maximă, care pot fi măsurate cu acest densimetru;

b) cît pătrunde tija densimetrului într-un lichid cu densitatea $\rho = 900$ kg/m^3.

1.9.29. Se introduce densimetrul din problema precedentă vertical într-un vas cu lichid și pe scara gradată a tijei de sticlă se citește diviziunea $d = 15$. Se scoate lichid din vas suficient de mult ca densimetrul să nu mai poată pluti vertical, acesta înclinîndu-se cu unghiul α față de orizontală, astfel încît suprafața lichidului să fie în dreptul scalei gradate a tijei. Să se arate că noua diviziune d' nu depinde de unghiul de înclinare α. Să se determine diviziunea d' dacă se cunosc: lungimea vasului V, $l_1 = 10$ cm, distanța de la baza densimetrului la centrul de presiune, $l_2 = 6$ cm, distanța de la baza densimetrului la centrul său de greutate, $l_3 = 5$ cm, lungimea tijei superioare, $l = 10$ cm.

1.9.30. O tijă cilindrică din lemn, care are prinsă o bucată de plumb la partea inferioară, se introduce într-un vas umplut cu un lichid. La echilibru tija se cufundă parțial în lichid, în poziție verticală. Apăsăm ușor pe capătul superior al tijei, aceasta intră în lichid, după care se lasă tija liberă. Ea începe să oscileze. Să se arate că mișcarea de oscilație a tijei este o mișcare oscilatorie armonică și să se calculeze perioada de oscilație. Se neglijează forțele de frecare și forțele capilare.

DINAMICA FLUIDELOR

1.9.31. De ce apa, printr-o conductă verticală, curge în jos ca un curent continuu, în timp ce apa în cădere liberă se sparge în picături?

1.9.32. Fie două vase cilindrice mari. În primul vas se introduce apă și în al doilea se introduce un lichid necunoscut. Pe fața laterală a fiecărui

vas se face cîte un orificiu, S_1 și S_2, astfel încît $S_2 = 1,25\ S_1$, la aceeași adîncime $h = 20$ cm față de suprafața lichidelor. Să se determine:

a) densitatea lichidului necunoscut, dacă debitele masice ale lichidelor ce ies prin orificii sînt egale;

b) debitele volumice, dacă $S_1 = 1$ cm^2.

c) Ce putem face pentru ca debitele volumice prin cele două orificii să fie egale? Se dau: densitatea apei $\rho_1 = 10^3$ kg/m^3, $g = 10$ m/s^2.

1.9.33. Într-o găleată curge apă de la un robinet cu debitul volumic $Q_V = 10^2$ cm^3/s. Să se determine nivelul maxim pe care îl atinge apa în găleată dacă aceasta are la bază un orificiu cu secțiunea $S = 0,5$ cm^2 ($g = 10$ m/s^2).

1.9.34. Un vas se umple cu apă de la o conductă de secțiune S. În vas se fac două orificii, unul de secțiune S_1, la jumătatea distanței dintre nivelul apei și baza vasului și altul, de secțiune $S_2 = S_1/\sqrt{2}$, la baza lui. Să se determine secțiunea S a conductei astfel încît nivelul apei din vas să rămînă constant. Viteza apei la ieșirea din conductă este egală cu viteza ei la trecerea prin secțiunea S_2.

1.9.35. Două vase au la baza lor cîte un orificiu circular și sînt puse unul peste altul. Se dă drumul la un robinet de apă, aceasta intră în primul vas, iese prin primul orificiu de rază $R_1 = 1$ cm, intră în al doilea vas și prin al doilea orificiu, de rază $R_2 = 1,1$ cm, iese. În regim staționar, apa din primul vas are o adîncime $H_1 = 20$ cm. Să se determine:

a) debitul volumic al robinetului de umplere;

b) înălțimea lichidului din al doilea vas.

1.9.36. O fîntînă arteziană ridică apa la o înălțime $h = 30$ m. Știind că secțiunea conductei de apă la ieșire este de 30 cm^2, să se calculeze:

a) viteza jetului de apă la ieșire;

b) debitul volumic al jetului;

c) puterea necesară pentru a putea ridica apa la înălțimea h.

1.9.37. Un vas cilindric are două orificii plasate pe aceeași generatoare. De la un robinet se umple vasul cilindric cu apă, astfel încît în regim staționar nivelul lichidului rămîne constant, la distanța h_1 de primul orificiu și la distanța h_2 față de orificiul al doilea. Să se determine coordonatele punctului de intersecție al celor două jeturi de apă care ies prin cele două orificii.

1.9.38. Un vas cilindric are două orificii așezate pe aceeași verticală, la distanța $d = 10$ cm unul de altul. Se umple cu apă de la un robinet vasul cilindric, iar în regim staționar nivelul apei se menține constant, la înălțimea $h = 20$ cm. Prin orificii curg două jeturi de apă care se întîlnesc într-un punct aflat pe același plan cu baza vasului. Să se determine distanța de la suprafața lichidului la primul orificiu.

1.9.39. De ce asupra a două vehicule (autoturisme, bărci, vapoare) care se mișcă paralel între ele și în același sens, apare o forță care tinde să le apropie?

1.9.40. Printr-o conductă cu secțiune variabilă, ca aceea din figura 1.9.40, circulă un lichid. Secțiunea $S_1 = 5\cdot10^{-2}$ m^2, secțiunea $S_2 = 4\cdot10^{-2}$ m^2,

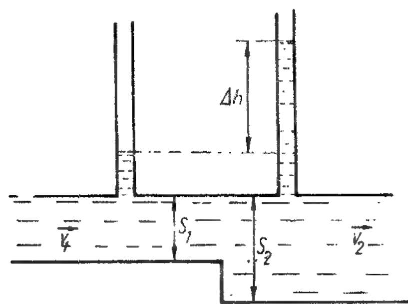


Fig. 1.9.40

iar diferența de nivel indicată de cele două manometre este $\Delta h = 20$ cm. Să se determine debitul volumic al conductei ($g = 10$ m/s^2).

1.9.41. Printr-un furtun de grădină, cu secțiunea $S_1 = 2$ cm^2, ținut la nivelul solului, iese un jet de apă, vertical, cu debitul volumic $Q_V = 60$ l/min. Să se determine secțiunea S_2 a jetului de apă la înălțimea $h = 1$ m, dacă se neglijează frecările cu aerul și se presupune că jetul nu se dispersează ($g = 10$ m/s^2).

1.9.42. O seringă aflată în poziție orizontală, plină cu apă, de lungime $l = 5$ cm, are suprafața pistonului $S_1 = 2$ cm^2, iar suprafața orificiului de ieșire $S_2 = 1$ mm^2. În cît timp va fi scoasă apa din seringă, dacă asupra pistonului acționăm cu o forță constantă $F = 3,6$ N.

1.9.43. Să se determine debitul volumic dintr-o conductă cu secțiune variabilă, prin care circulă apă, dacă tubul Venturi aplicat la două secțiuni diferite ale conductei, $S_1 = 0,2$ m^2 și $S_2 = 0,1$ m^2, indică o diferență de presiune $\Delta p = 10^3$ N/m^2.

1.9.44. Pentru a determina viteza unui avion față de aer, se montează pe avion un tub Pitot (fig. 1.9.44). Tubul Pitot măsoară presiunea totală a aerului și indică o diferență de nivel, $\Delta h = 13$ cm, a lichidului cu care este umplut și care are o densitate de 800 kg/m^3. Să se determine viteza avionului față de aer ($g = 10$ m/s^2), dacă densitatea aerului este $\rho_0 = 1,3$ kg/m^3.

1.9.45. Printr-o conductă orizontală, ca aceea din figura 1.9.45, curge un fluid. Înălțimile de fluid în cele două tuburi verticale sînt: $h_1 = 10$ m, $h_2 = 20$ cm. Să se determine viteza de curgere a fluidului, dacă se ia $g = 10$ m/s^2.

1.9.46. Cum este mai bine să decoleze un avion: împotriva vîntului sau în sensul vîntului? Dar să aterizeze?

1.9.47. O sferă de plumb, cu diametrul $d = 2$ mm, este lăsată să cadă liber într-un vas cu glicerină care are adîncimea $h = 2$ m. Să se determine timpul necesar ca sfera de plumb să parcurgă uniform vasul cu glicerină (curgere laminară pentru care forța de rezistență $F = 6\pi\eta r v$), dacă se cunosc: $\rho_{Pb} = 11,3\cdot10^3$ kg/m^3, $\rho_{gl} = 1,3\cdot10^3$ kg/m^3, coeficientul de vîscozitate al glicerinei $\eta = 15\cdot10^{-3}$ kg/m·s, $g = 10$ m/s^2.

1.9.48. O picătură sferică de apă, cu diametrul $d = 2$ mm, este lăsată să cadă liber în aer. Să se calculeze viteza de cădere a picăturii de apă, în cazurile:

a) curgerea este laminară și forța de rezistență este $F = 6\pi\eta r v$;

b) curgerea este turbionară iar rezistența la înaintarea în aer este $F = \frac{1}{2}\ CS\rho v^2$. Se dau: densitatea aerului $\rho_0 = 1,3$ kg/m^3, densitatea

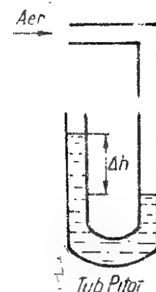


Fig. 1.9.44

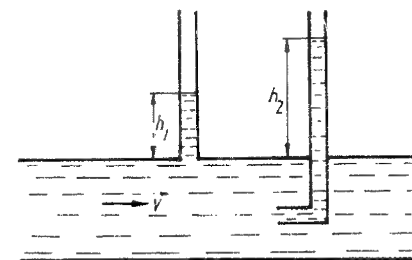


Fig. 1.9.45

apei $\rho_a = 10^3$ kg/m³, coeficientul de viscozitate al aerului $\eta = 1,6 \cdot 10^{-5}$ kg/m·s, coeficientul de formă în regim turbulent $C = 0,256$, $g = 10$ m/s².

1.9.49. O sferă de sticlă, de densitatea $\rho_s = 2,3 \cdot 10^3$ kg/m³, este lăsată să cadă liber într-un vas cu glicerină, în care are o viteză constantă $v = 4 \cdot 10^{-2}$ m/s. Să se determine raza sferei de sticlă, dacă se cunosc: $\rho_{gl} = 1,3 \cdot 10^3$ kg/m³, coeficientul de viscozitate al glicerinei $\eta = 15 \cdot 10^{-3}$ kg/m·s, $g = 10$ m/s².

1.9.50. Un avion, zburînd cu viteză constantă, antrenează prin frecare aerul din jurul său pe o distanţă $z = 4$ cm. Ştiind că forţa de frecare pe unitatea de suprafaţă este $f = \frac{F}{S} = 4 \cdot 10^{-2}$ N/m² iar coeficientul de vîscozitate al aerului $\eta = 1,6 \cdot 10^{-5}$ kg/m·s, să se determine viteza de zbor a avionului.

1.9.51. De un fir vertical se prinde o sferă de diametru $d = 3$ cm şi densitate $\rho = 3 \cdot 10^3$ kg/m³. Sub acţiunea unui jet de aer orizontal, firul formează un unghi $\alpha = 30°$ faţă de poziţia iniţială, în acelaşi plan vertical. Să se determine viteza jetului de aer, dacă se cunosc: densitatea aerului $\rho_0 = 1,3$ kg/m³, coeficientul de formă în regim turbulent $C = 0,23$ şi $g = 10$ m/s².

1.9.52. Să se calculeze viteza maximă pe care o poate atinge un autoturism de putere $P = 80$ C.P., dacă secţiunea sa normală este $S = 2$ m², coeficientul de formă în regim turbulent $C = 0,8$, iar densitatea aerului $\rho_0 = 1,3$ kg/m³. Se va lua în considerare numai rezistenţa pe care o întîmpină autoturismul în mişcare datorită prezenţei aerului şi se neglijează toate celelalte tipuri de frecări.

CAPITOLUL 10

UNDE ELASTICE. NOŢIUNI DE ACUSTICĂ

1.10.1. Doi elevi, unul mai înalt şi celălalt mai scund, se ţin cu mîinile de aceeaşi bară orizontală, căutînd să se legene cu aceeaşi frecvenţă. Vor reuşi ei aceasta?

1.10.2. Un fir de iarbă descrie oscilaţii repezi cînd suflă vîntul. Dacă se aşază pe el o insectă mai mare, atunci firul de iarbă nu mai oscilează decît lent. De ce?

1.10.3. Perioada şi amplitudinea unui pendul elastic s-ar modifica atunci cînd pendulul ar fi dus de pe Pămînt pe Lună?

1.10.4. Uneori, la o anumită viteză a maşinii de cusut, masa pe care este aşezată oscilează puternic. Cum se explică acest fenomen?

1.10.5. De ce dacă sărim într-un anumit ritm pe o scîndură destul de lungă, sprijinită la capete, o putem rupe cu uşurinţă?

1.10.6. De ce un vagon de cale ferată începe să oscileze vertical cu amplitudini mari la o anumită viteză?

1.10.7. Un tenor a făcut următoarea demonstraţie: el a luat un pahar de cristal, l-a lovit uşor ascultînd sunetul produs, apoi ducînd paharul în

dreptul gurii a cîntat acea notă muzicală pe care o putea da şi paharul lovit, pînă cînd paharul s-a spart. Cum explicaţi acest fapt?

1.10.8. Grecii antici, ca să amplifice sunetele din amfiteatrele de spectacol, aşezau în locuri potrivite amfore mari sau făceau construcţia în aşa fel încît în unele locuri rămîneau goluri (nişe). De ce, în acest fel, se amplificau sunetele?

1.10.9. Ce simţ aparte permite meduzelor să descopere cu multe ore înainte apropierea unei furtuni pe mare?

1.10.10. De ce „cercurile" care se depărtează de locul unde a căzut o piatră în apă nu sînt alungite de curentul apei şi rămîn mereu de aceeaşi formă?

1.10.11. Un cosmonaut ajuns pe Lună ar putea auzi zgomotul produs la plecarea de acolo a unei rachete?

1.10.12. Sunetele se aud mai greu, sau chiar deloc, cînd vîntul bate dinspre cel care ascultă spre sursa sonoră. De ce?

1.10.13. Ce se întîmplă cu energia unei unde sonore cînd sunetul a încetat să se mai audă?

1.10.14. Cum se explică faptul că auzim cînd zboară o muscă sau un ţînţar, dar nu auzim un fluture?

1.10.15. De ce cînd vrem să auzim mai bine, ţinem mîna pîlnie pe după ureche?

1.10.16. De ce în pădure este greu să definim direcţia de unde vine sunetul?

1.10.17. Cum explicaţi faptul că în timpul umplerii unui vas cu apă se aude un sunet a cărui frecvenţă (înălţime) variază? În ce sens variază frecvenţa?

1.10.18. Din întîlnirea a două unde sonore poate să rezulte linişte?

1.10.19. De un resort elicoidal se suspendă un corp cu masa de 4 kg sub acţiunea căruia resortul se alungeşte cu 5 cm. Să se calculeze frecvenţa oscilaţiilor unui corp, cu masa de 1 kg, suspendat de acelaşi resort.

1.10.20. Un oscilator liniar cu amplitudinea oscilaţiei de 8 mm se află după 0,01 s de la începerea oscilaţiei la distanţa de 4 mm de poziţia de echilibru. Să se calculeze:

a) pulsaţia oscilatorului;
b) frecvenţa oscilaţiei;
c) perioada oscilaţiei;
d) viteza oscilatorului în poziţia dată;
e) acceleraţia oscilatorului în poziţia dată.

1.10.21. Un punct material execută 150 oscilaţii pe minut, cu o amplitudine $A = 0,05$ m. Să se calculeze:

a) frecvenţa şi pulsaţia oscilaţiilor;
b) viteza şi acceleraţia maximă a punctului material, scriindu-se ecuaţia mişcării oscilatorii, dacă faza iniţială $\varphi_0 = 15°$; *c)* raportul între energia cinetică şi energia potenţială a punctului material în momentul în care elongaţia este jumătate din amplitudine.

1.10.22. Un oscilator constituit dintr-un punct material cu masa $m = 1,6 \cdot 10^{-2}$ kg, atîrnat la capătul unui resort, vibrează sub acţiunea forţei elastice a resortului, conform ecuaţiei: $y = 10^{-1} \sin\left(\frac{\pi}{8} t + \frac{\pi}{8}\right)$ (m).

Se cere:
a) perioada și frecvența oscilației;
b) viteza maximă și accelerația maximă a punctului material;
c) valoarea maximă a forței care acționează asupra punctului material;
d) relațiile care exprimă dependența de timp a energiilor: cinetică, potențială și totală ale punctului material;
e) timpul în care punctul material efectuează drumul de la jumătatea amplitudinii la $\frac{\sqrt{3}}{2}$ din amplitudine.

1.10.23. Un punct material cu masa $m = 10$ g oscilează după legea $x = 5 \sin \frac{\pi}{6} t$ (cm). Să se stabilească:

a) timpul t_1 după care este atinsă viteza maximă și timpul t_2 după care este atinsă accelerația maximă;
b) forța elastică maximă care acționează asupra punctului material;
c) expresiile pentru energia cinetică, potențială și energia totală.

1.10.24. Un corp de masă $m = 2$ g, plecînd din repaus, efectuează o mișcare oscilatorie armonică. Se cere:

a) să se scrie ecuația de mișcare a corpului, știind că pentru a îndepărta corpul din poziția de echilibru pînă într-un punct situat la distanța maximă de această poziție se cheltuiește lucrul mecanic $L = 23 \cdot 10^{-3}$ J, iar forța elastică maximă, $F_{max} = 1{,}15$ N;
b) perioada mișcării;
c) energia cinetică și energia potențială cînd corpul trece prin punctul aflat la distanța $y = 2$ cm de poziția de echilibru.

1.10.25. Un mobil efectuează o mișcare oscilatorie armonică. Știind că pentru elongațiile $x_1 = 2$ cm și $x_2 = 3$ cm, mobilul are vitezele $v_1 = 5$ m·s^{-1} și respectiv $v_2 = 4$ m·s^{-1}, să se calculeze amplitudinea și perioada mișcării oscilatorii a mobilului.

1.10.26. Accelerația unui punct ce execută o mișcare oscilatorie armonică este dată de legea $a = -\pi^2 \sin \frac{\pi}{2} t$. La momentul inițial punctul se află în centrul de oscilație și are viteza $v_0 = 2\pi$ m·s^{-1}. Să se afle ecuația mișcării oscilatorii și să se reprezinte grafic dependența de timp a elongației și vitezei mișcării.

1.10.27. De un resort atîrnă un astfel de corp încît perioada de oscilație a sistemului este de 0,5 s. Se atîrnă de resort încă un corp, perioada de oscilație devenind 0,6 s. Să se determine alungirea resortului după adăugarea celui de-al doilea corp.

1.10.28. Un corp suspendat de un resort oscilează armonic cu perioada $T_1 = 0{,}2$ s. Se leagă, întîi în serie și apoi în paralel cu resortul, un alt resort, de constantă elastică $k_2 = 2k_1$. Calculați perioada de oscilație a sistemului nou format.

1.10.29. Să se afle raportul T_s/T_p dintre perioadele de oscilație ale unui corp suspendat de două resorturi (de masă neglijabilă) de constante elastice k_1 și k_2 legate întîi în serie (T_s) și apoi în paralel (T_p). Să se arate că perioada T_s este cel puțin dublul perioadei T_p.

1.10.30. Un motor cu masa de 392 kg este montat pe patru resorturi fiecare avînd același coeficient de elasticitate. Motorul este astfel amplasat încît nu poate oscila pe resorturi, decît pe direcție verticală. Știind că perioada de oscilație proprie a sistemului astfel format este de 0,1256 s, să se determine coeficientul de elasticitate al resortului.

1.10.31. Un motor cu masa de 128 kg este montat pe patru resorturi identice avînd constanta elastică $k = 2 \cdot 10^{14}$ N/m. Să se determine perioada și frecvența de oscilație a sistemului.

1.10.32. O masă de 10 g suspendată de un fir de cauciuc oscilează cu perioada $T = 0{,}2$ s. Din două fire elastice de acest fel se confecționează un arc. Cît se va întinde coarda arcului, dacă o piatră de 5 kg este aruncată la o înălțime de 32 m, vertical, în sus? Se presupune că întreaga energie potențială a coardei se transformă în energie potențială a pietrei.

1.10.33. Un punct material de masă $m = 5$ kg efectuează o mișcare oscilatorie armonică cu frecvența $\nu = 0{,}5$ Hz și amplitudinea $A = 3$ cm. Să se calculeze:
a) viteza v a oscilatorului în momentul cînd elongația sa este $y = 1{,}5$ cm;
b) forța elastică maximă care acționează asupra punctului material;
c) energia totală a oscilatorului.

1.10.34. Un corp de masă $m = 8$ kg suspendat de un arc oscilează rectiliniu în jurul poziției de echilibru. Arcul se întinde cu 0,2 m sub acțiunea unei forțe $F = 98$ N. Se cer:
a) perioada de oscilație a corpului;
b) frecvența și pulsația oscilațiilor;
c) amplitudinea oscilațiilor în absența amortizărilor;
d) energia de oscilație a corpului suspendat;
e) viteza corpului de masă m în punctul în care acesta ar fi în echilibru în absența oscilațiilor și viteza corpului în punctul în care elongația este maximă.

1.10.35. De un resort elastic, $k = 10^3$ N·m^{-1}, este suspendat un corp cu $m = 0{,}1$ kg. Se produc oscilații astfel încît, la distanța $y_1 = 3$ cm față de punctul de echilibru, impulsul corpului este $p_1 = 0{,}3\sqrt{3}$ kg·m·s^{-1}.
a) Scrieți ecuația de oscilație a corpului ($\varphi_0 = 0$).
b) Calculați valoarea maximă a impulsului corpului în timpul mișcării.
c) Calculați energia cinetică și potențială a corpului cînd elongația mișcării este $y_2 = 2$ cm.

1.10.36. În ce poziție trebuie să se afle un oscilator liniar armonic față de poziția de echilibru, pentru ca energia lui cinetică să fie egală cu energia sa potențială. Se presupune cunoscută amplitudinea oscilatorului, A.

1.10.37. Un oscilator liniar armonic, după 0,01 s, se află la 3 mm față de poziția de echilibru. Amplitudinea oscilației fiind de 0,6 cm să se calculeze:
a) viteza oscilatorului corespunzătoare elongației date;
b) raportul dintre energia cinetică și cea potențială corespunzătoare elongației date;
c) la ce valoare a elongației energia cinetică va fi egală cu cea potențială.

1.10.38. Un punct material descrie o mișcare oscilatorie după legea $y = A \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$. Să se calculeze:

a) momentul în care energia potențială este egală cu energia cinetică;

b) energia totală a punctului material de masă m;

c) forța sub acțiunea căreia corpul descrie mișcarea oscilatorie dată.

1.10.39. Un pendul elastic cu masa $m = 10$ g începe să oscileze. Cînd elongația sa este jumătate din amplitudine, viteza sa este $v_1 = \sqrt{17}$ cm/s, iar accelerația sa este $a_1 = \sqrt{7}$ cm/s^2. Se cere:

a) frecvența și amplitudinea mișcării;

b) faza inițială și energia totală a oscilatorului;

c) constanta elastică a pendulului.

1.10.40. Un pendul elastic execută o mișcare oscilatorie armonică avînd amplitudinea de 8 cm și perioada de 4 s. La momentul inițial pendulul are viteza $v = 6{,}28$ cm/s. Să se scrie ecuația acestei mișcări.

1.10.41. O bilă din fier cu raza de 20 mm este suspendată de un resort. Legea de mișcare a sistemului bilă-resort este $y = A \sin \omega t$. Să se determine:

a) forța care scoate bila din poziția de echilibru știind că frecvența cu care oscilează bila este 2 Hz;

b) energia cinetică a bilei după un sfert de perioadă de la începerea mișcării;

c) valorile lui t pentru care bila are energie cinetică maximă și valoarea maximă a energiei cinetice.

1.10.42. Un mobil execută o mișcare oscilatorie armonică dată de legea $y = A \sin \omega t$. În momentul în care elongația mișcării este jumătate din amplitudine, un șoc instantaneu face ca viteza mobilului să se dubleze. Calculați noua amplitudine a mișcării.

1.10.43. Un pendul lung de 0,5 m și avînd masa de 200 g oscilează după un arc de cerc. Să se afle valoarea forței care produce mișcarea pendulului, pentru elongațiile: *a)* 30 cm; *b)* 15 cm și *c)* 0 cm.

1.10.44. Un pendul simplu efectuează 200 oscilații pe minut iar altul, în același loc, efectuează 300 oscilații pe minut. Să se calculeze raportul lungimilor celor două pendule.

1.10.45. Două pendule gravitaționale oscilează în același timp și în același loc. În același interval de timp primul face 10 oscilații iar al doilea face 6 oscilații. Să se calculeze lungimile celor două pendule, știind că unul este mai lung decît celălalt cu 20 cm.

1.10.46. Să se calculeze accelerația g într-un punct oarecare A de pe Pămînt, știind că un ceasornic cu pendul care indică ora exactă în punctul B, întîrzie în A cu 35 s în 24 ore. Pentru punctul B, $g_B = 981{,}5$ cm/s^2.

1.10.47. Un pendul gravitațional efectuează oscilații cu amplitudinea unghiulară $\alpha = 45°$. Pendulul revine în poziția de echilibru cu viteza $v = 3{,}39$ m · s^{-1}. În locul considerat, $g = 9{,}81$ m · s^{-2}, iar masa bilei suspendate de capătul firului este $m = 0{,}5$ kg. Să se determine:

a) lungimea pendulului și perioada oscilațiilor sale;

b) energia potențială în punctul de elongație maximă.

1.10.48. Să se calculeze energia cinetică și potențială a unui pendul gravitațional pentru elongația unghiulară de 5°. Se dă: lungimea pendulului $l = 3$ m, masa pendulului $m = 800$ g și amplitudinea unghiulară de 8°. (Se consideră lungimea arcului descris de pendul egală cu lungimea corzii subîntinse.)

1.10.49. Impulsul p, sub acțiunea căruia un pendul cu masa $m = 0{,}5$ kg începe să oscileze cu amplitudinea unghiulară $\alpha = 30°$, are valoarea

1,5 kg · m · s^{-1}. Știind că g, în locul în care oscilează pendulul, are valoarea 9,8 m · s^{-2} să se determine:

a) energia primită de pendul sub acțiunea exterioară;

b) accelerația maximă a pendulului;

c) lungimea pendulului.

1.10.50. Un pendul de lungime l, care bate secunda într-o localitate cu $g = 9{,}8$ m · s^{-2}, are amplitudinea unghiulară de 45°. Fiind lăsat liber, în momentul în care trece prin poziția de echilibru, firul întîlnește un cui bătut la o distanță x sub punctul de sprijin și pe aceeași verticală cu el. Din această cauză își continuă mișcarea ca un nou pendul cu lungimea $l - x$. Să se calculeze:

a) distanța x, astfel încît amplitudinea unghiulară a noului pendul să fie 60°;

b) perioada noului pendul, în condiții de izocronism.

1.10.51. Un corp de masă $m = 0{,}1$ kg este suspendat la capătul unui fir cu lungimea $l = 0{,}64$ m. Se scoate firul din poziția de echilibru astfel încît să formeze cu direcția verticală unghiul $\alpha = 45°$. Să se afle:

a) perioada pendulului în condiții de izocronism;

b) energia cinetică și potențială în momentul în care firul formează cu verticala unghiul $\alpha = 30°$ (se consideră energia potențială nulă pentru $\alpha = 0$);

c) tensiunea din fir cînd unghiul format de fir cu verticala este $\alpha = 30°$.

1.10.52. Un pendul de lungime $l = 50$ cm este montat pe platforma unui vagon de cale ferată, care se deplasează uniform cu viteza $v_0 = 80$ km · h^{-1}. În timpul frînării vagonului, pendulul face cu verticala unghiul $\alpha = 30°$. Masa pendulului este $m = 3 \cdot 10^{-2}$ kg. După oprirea vagonului, pendulul oscilează în jurul poziției de echilibru. Să se calculeze:

a) distanța parcursă de vagon pînă la oprire, din momentul în care se aplică frîna;

b) energia cinetică maximă în mișcarea de oscilație a pendulului;

c) perioada de oscilație a pendulului, considerînd oscilațiile izocrone.

1.10.53. Un pendul a cărui perioadă de oscilație este 0,5 s se fixează de un cărucior ce coboară pe un plan înclinat și apoi se mișcă pe un plan orizontal. Unghiul format de planul înclinat cu orizontala este de 45°. Neglijînd frecările să se determine perioada de oscilație a pendulului gravitațional cînd:

a) căruciorul coboară pe plan înclinat;

b) căruciorul se deplasează pe plan orizontal.

1.10.54. Un resort elastic cu coeficientul de elasticitate $k = 100$ N · m^{-1} avînd la capăt o masă de 1 kg e suspendat cu celălalt capăt de tavanul cabinei unui ascensor. Cabina urcă uniform accelerat cu $a = 5$ m · s^{-2} timp de 10 s, apoi își continuă mișcarea uniformă.

a) Cu cît se va lungi resortul în timpul accelerării?

b) Ce valoare are perioada de oscilație a pendulului în timpul mișcării uniforme?

1.10.55. Un pendul gravitațional cu lungimea $l_0 = 0{,}2$ m este plasat într-un ascensor. Cursa ascensorului este $h = 200$ m. Plecînd din repaus ascensorul se deplasează cu accelerația $a_1 = g/10$ un timp $t_1 = 8$ s, după care își continuă mișcarea uniform și spre a se opri la înălțimea h frînează cu aceeași valoare a accelerației, $a_3 = g/10$. Determinați numărul oscilațiilor efectuate de pendul în decursul mișcării ascensorului.

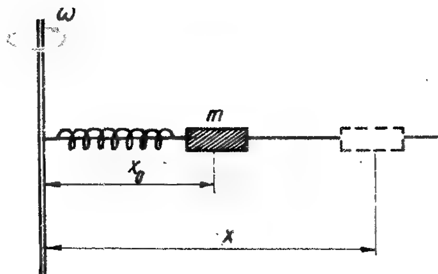


Fig. 1.10.56

1.10.56. Un resort elastic cu lungimea inițială x_0 și cu pulsația de oscilație proprie ω_0 are un capăt fixat pe un ax iar la celălalt capăt are un corp cu masa m. Acest oscilator este rotit uniform cu viteza unghiulară ω.

a) Determinați poziția de echilibru a oscilatorului pentru viteza unghiulară ω.

b) Ce se întîmplă în cazul în care $\omega_0 = \omega$ (fig. 1.10.56)?

1.10.57. Un pendul, care la București bate secunda, este ridicat la altitudinea de 3 000 m. Să se arate ce se va întîmpla cu pendulul la această altitudine? Ce modificări trebuie făcute pentru ca pendulul gravitațional să bată din nou secunda la acea altitudine?

1.10.58. Un ceas cu pendul gravitațional care bate secunda la suprafața Pămîntului este mutat la o altitudine de 200 m în aceeași localitate. Ce influență va avea această mutare asupra mersului ceasului și cu cîte secunde se va modifica mersul lui în 24 ore? $R_p = 6\,400$ km.

1.10.59. Un pendul matematic bate secunda la ecuator și la nivelul mării. Se transportă pendulul la altitudinea $h = 318{,}5$ km.

a) Ce diferență de timp va înregistra acest pendul față de un pendul identic aflat la sol în decurs de $t = 4$ ore? ($R_p = 6\,370$ km.)

b) Ce lungime ar trebui să aibă pendulul transportat la altitudinea h pentru a avea aceeași perioadă ca la sol? ($\pi^2 = g$.)

1.10.60. Un punct material este supus simultan oscilațiilor $y_1 = \sin \pi t$ și $y_2 = 2 \sin \pi (t + 0{,}5)$, unde y_1 și y_2 sînt exprimați în cm. Să se afle amplitudinea și faza mișcării rezultante.

1.10.61. Se compun următoarele mișcări oscilatorii armonice, paralele: $x_1 = 2 \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ și $x_2 = 3 \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ cm. Să se scrie ecuația mișcării oscilatorii rezultante.

1.10.62. Un mobil este supus simultan următoarelor mișcări oscilatorii: $x_1 = 4 \cos 12\, t$; $x_2 = 8 \cos\left(12\, t + \frac{\pi}{3}\right)$. Aflați amplitudinea și faza inițială a mișcării rezultante atît analitic cît și fazorial.

1.10.63. Prin compunerea a două mișcări oscilatorii de aceeași direcție și de aceeași frecvență, cu amplitudinile $A_1 = 2$ cm și $A_2 = 4$ cm se obține o oscilație armonică cu amplitudinea $A = 5$ cm. Să se calculeze diferența de fază dintre cele două mișcări oscilatorii care se compun.

1.10.64. Un punct material execută o mișcare oscilatorie armonică formată din două oscilații care se propagă pe aceeași direcție și care au ecuațiile: $y_1 = 4 \sin 2\pi\left(t + \frac{1}{3}\right)$ și $y_2 = 3 \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$. Să se scrie ecuația oscilației rezultante, y.

1.10.65. O perturbare se propagă într-un mediu elastic și străbate 9 900 m în 3 s. Să se calculeze:

a) viteza de propagare a acestei mișcări;

b) perioada și frecvența ei, știind că lungimea de undă este $\lambda = 33$ m.

1.10.66. Într-un mediu elastic, cu modulul de elasticitate $E = 6\,768{,}9 \cdot 10^7 \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ și densitatea $\rho = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg · m^{-3}, se propagă vibrații cu frecvențe de 50 Hz. Să se calculeze lungimea de undă a perturbațiilor propagate.

1.10.67. Oscilații longitudinale cu frecvența $\nu = 500$ Hz se transmit într-un mediu elastic al cărui modul de elasticitate $E = 4{,}32 \cdot 10^{10}$ N · m^{-2} și care are densitatea $\rho = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg · m^{-3}. Să se determine:

a) viteza de propagare a oscilațiilor în mediul respectiv;

b) lungimea de undă λ;

c) distanța dintre două puncte ale mediului elastic între care diferența de fază este $\Delta\varphi = \pi$.

1.10.68. Să așezăm pe masă, alături, două pahare identice umplute un sfert cu apă. Pe marginea unui pahar așezăm o sîrmuliță subțire, îndoită. Din ce cauză dacă lovim cu un ciocănel celălalt pahar, paharul cu sîrmă începe să vibreze, fapt ce se poate ușor observa privind atent sîrmulița îndoită?

1.10.69. Legea de propagare a unei unde plane este $y = A \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$.

a) Cum se reflectă planeitatea undei în această expresie?

b) Ce condiție trebuie pusă intervalului de timp t pentru ca expresia matematică a legii să aibă un sens fizic?

c) Pe ce se întemeiază ideea că legea de oscilație a oricărui punct din mediul elastic este de același tip cu legea de oscilație a punctelor izvorului de undă?

1.10.70. Viteza cu care o undă se propagă într-o coardă de densitate ρ și lungime l, întinsă sub acțiunea unei forțe F, este v. Se cer:

a) raza secțiunii corzii;

b) frecvența sunetului fundamental și a primelor sale două armonici.

1.10.71. Două surse de oscilații, aflate la distanța d (fig. 1.10.71), oscilează după legea $y = A \sin \omega t$. Să se stabilească ecuația oscilației în punctul B aflat pe dreapta care unește cele două surse.

1.10.72. O undă transversală se propagă în lungul unui cablu elastic cu viteza $v = 15$ m · s^{-1}. Perioada vibrațiilor punctelor cablului este $T = 1{,}2$ s, iar amplitudinea $A = 2$ cm. Să se calculeze:

a) lungimea de undă λ;

b) faza φ, elongația y, viteza v și accelerația a, pentru un punct al cablului aflat la distanța $x = 45$ m de sursa de oscilație, la momentul $t = 4$ s;

c) diferența de fază $\Delta\varphi$ a două puncte de pe cablu aflate la distanțele $x_1 = 20$ m și respectiv $x_2 = 24{,}5$ m de sursa de unde.

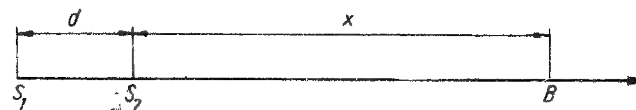


Fig. 1.10.71

1.10.73. 1) Extremitatea A a unei coarde elastice, lungi, este pusă într-o mişcare oscilatorie de forma $y = 4 \sin 20\pi t$ (cm). Să se determine amplitudinea, frecvenţa şi perioada mişcării oscilatorii. 2) Mişcarea oscilatorie se propagă în lungul corzii cu viteza $v = 2{,}5\ m \cdot s^{-1}$. Să se determine lungimea de undă a perturbaţiei. Care este ecuaţia mişcării unui punct M situat la 62,5 cm de extremitatea A? 3) Să se calculeze, în grade, diferenţa de fază corespunzătoare punctelor M şi M' separate prin distanţa de 40 cm, aflate pe aceeaşi direcţie de propagare a perturbaţiei.

1.10.74. O sursă de oscilaţii aflată într-un mediu elastic emite unde plane de forma $y = 0{,}25 \sin 100\,\pi\, t$ (mm). Lungimea de undă a undelor longitudinale care se formează în acest mediu este $\lambda = 10$ m.

a) După cît timp va începe să oscileze un punct situat la distanţa $x_1 = 8$ m faţă de sursă?

b) Ce defazaj există între oscilaţiile punctului aflat la distanţa x_1 de sursă şi ale sursei?

c) La ce distanţă se află două puncte ale căror oscilaţii sînt defazate cu $\pi/6$ rad?

d) Evaluaţi defazajul dintre două puncte situate la o distanţă $d = \lambda/2$.

1.10.75. Sub acţiunea unei forţe $F = 32$ N un corp elastic este deformat cu $\Delta l = 1{,}6$ cm faţă de poziţia de echilibru. Lăsat liber corpul oscilează emiţînd un sunet cu frecvenţa $\nu = 400$ Hz. Viteza sunetului în aer fiind $c = 320\ m \cdot s^{-1}$, să se afle:

a) constanta elastică a sistemului oscilant;

b) lungimea de undă a sunetului emis;

c) viteza maximă şi acceleraţia maximă a unei molecule de aer adusă în stare de oscilaţie considerînd că transmiterea undei se face fără amortizare.

1.10.76. O undă longitudinală se propagă pe direcţia Ox într-un mediu elastic de densitate $\rho = 2{,}6 \cdot 10^3$ kg/m³ după legea (1): $y_1 = 1{,}2 \sin\left(10^3\pi t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$. Diferenţa de fază între două puncte pe axa Ox la distanţa $\Delta x = 3{,}2$ m este $\Delta\varphi = (4/5)\,\pi$. Se cere să se calculeze:

a) dependenţa de timp a energiei cinetice şi a energiei potenţiale a punctului material de masă $m = 1$ g care oscilează după legea (1) în punctul de abscisă $x = 0$;

b) lungimea de undă, frecvenţa şi viteza de propagare a undei longitudinale;

c) modulul de elasticitate al mediului elastic în care se propagă unda (1);

d) amplitudinea şi defazajul oscilaţiei rezultate prin compunerea în punctul A de abscisă 1 m a oscilaţiei y_1 şi a oscilaţiei y_2, care, în punctul A, are forma $y_2 = 1{,}2 \sin\left(10^3\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ cm.

1.10.77. O undă se propagă într-un mediu de modul de elasticitate $E_1 = 10^{11}$ N/m² şi densitatea $\rho_1 = 7\,000$ kg/m³. Sub incidenţa $i = 30°$ unda trece într-un mediu de densitate $\rho_2 = 11{,}3 \cdot 10^3$ kg/m³ şi de modul de elasticitate $E_2 = 0{,}17 \cdot 10^{11}$ N/m². Să se calculeze unghiul sub care se refractă unda.

1.10.78. Două surse sincrone S_1 şi S_2, aflate la distanţa $d = 1{,}6$ cm una de cealaltă, produc oscilaţii de frecvenţă $\nu = 200$ Hz şi de amplitudini $A_1 = 1$ mm şi respectiv $A_2 = 2$ mm. Calculaţi amplitudinea de oscilaţie a unui punct situat la distanţa $x_2 = 4{,}8$ cm de sursa S_2 situat pe perpendiculara dusă din S_2 pe direcţia ce uneşte cele două surse. Viteza de propagare a undelor prin mediul în care se află sursele este $c = 14{,}4$ m/s.

1.10.79. Două surse de oscilaţii, S_1 şi S_2, emit unde ale căror amplitudini sînt $A_1 = 2$ mm şi $A_2 = 5$ mm. Frecvenţa undelor emise este $\nu = 160$ Hz iar viteza de propagare este $c = 320$ m/s. Să se afle ecuaţia de oscilaţie a unui punct situat la distanţa $x_1 = 6{,}5$ m de S_1 şi $x_2 = 32/3$ m de S_2, dacă sursele oscilează în fază.

1.10.80. Doi observatori se află în punctele A şi B situate la distanţa l unul de celălalt şi ambii la aceeaşi distanţă d faţă de un perete plan, reflectător. Din A se emite un sunet scurt pe care observatorul din B îl aude de două ori după un interval $\Delta t = 0{,}2$ s între cele două percepţii. Calculaţi distanţa d dacă $l = 64$ m şi viteza de propagare a sunetului în aer este $c = 340$ m/s.

1.10.81. O coardă S de lungime $l = 9$ m este fixată la capătul B. Capătul S oscilează transversal cu amplitudinea $A = 5$ cm şi cu frecvenţa $\nu = 10$ Hz. Viteza de propagare a undei în lungul coardei este $c = 4{,}5$ m/s. Să se afle:

a) lungimea de undă a perturbaţiei care se propagă în lungul coardei;

b) ecuaţia de oscilaţie a unui punct situat la distanţa $x = 93{,}75$ cm de capătul B.

1.10.82. Spre un perete reflectător se trimite o undă sonoră plană de frecvenţă $\nu = 500$ Hz. Distanţa dintre sursă şi perete este $l = 40$ m. Amplitudinea oscilaţiilor particulelor mediului este $A = 2{,}4$ mm şi viteza de propagare a undelor $c = 320$ m/s. Să se afle.

a) lungimea de undă a undelor sonore;

b) distanţa faţă de perete la care, în urma interferenţei dintre unda incidentă şi unda reflectată presupusă de aceeaşi amplitudine, se produc maxime (ventre) şi minime (noduri);

c) amplitudinile de oscilaţie a punctelor mediului aflate la distanţa $x_1 = 5{,}2$ m de perete.

1.10.83. Extremitatea A a unui resort este pusă în mişcare oscilatorie cu elongaţia $y = 4 \sin 20\,\pi t$. Să se calculeze:

a) amplitudinea, frecvenţa şi perioada;

b) mişcarea oscilatorie se propagă în lungul resortului cu viteza de 5 m/s; să se determine lungimea de undă;

c) ecuaţia undei într-un punct B situat la 50 cm de extremitatea A;

d) în punctul B unda întîlneşte o altă undă a cărei ecuaţie este $y' = 4 \sin 2\pi(10t - 2)$. La întîlnire va exista un maxim sau un minim de interferenţă, dacă de la producerea undelor pînă la întîlnirea lor au trecut 2 s?

RĂSPUNSURI

Capitolul 1. MIŞCAREA ŞI REPAUSUL

1.1.1. $v_a = \frac{1}{2}(v_1 - v_2) = 2{,}0$ km/h, $v = \frac{1}{2}(v_1 + v_2) = 18$ km/h.

1.1.2. $v_1 = 20$ km/h, $v_2 = 5$ km/h, $v = v_1 + v_2 = 25$ km/h; figura 1.1.2,*R*.

1.1.3. $v_1 = \frac{1}{2}(u_1 + u_2) = 2{,}0$ m/s, $v_2 = \frac{1}{2}(u_1 - u_2) = 1{,}0$ m/s.

1.1.4. $h = vt \sin \alpha = 24$ m.

1.1.5. $u = \sqrt{v_0^2 - v^2} = 98$ m/s, $\sin \alpha = v/v_0$, $\alpha = 11°30'$.

1.1.6. *a*) $T = 2d/\sqrt{v_0^2 - v^2} = 51$ min; *b*) $T = 2dv_0/(v_0^2 - v^2) = 52{,}2$ min; *c*) $T = 2d/v_0 = 50$ min.

1.1.7. $v_2 = v_1 \mathrm{tg}\, \alpha = 0{,}173$ m/s.

1.1.8. $v' = \sqrt{v_0^2 + (v_1 + v_2)^2} = 15{,}5$ m/s; $\mathrm{tg}\alpha = v_0/(v_1 + v_2)$, $\alpha = 11{,}5°$.

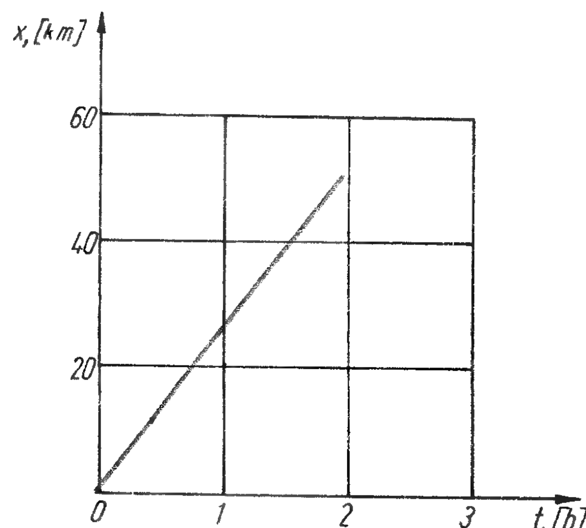


Fig. 1.1.2, R

1.1.9. $v' = \sqrt{v^2 + v_0^2 + 2vv_0 \cos 45°} = 18{,}5$ m/s, $\sin \alpha' = \frac{v_0}{v'} \sin 45°$, $\alpha' = 22{,}5°$ (după $N - N$-V).

1.1.10. $N = 2d/v\tau = 8$, $N' = 7$, ($N' = N - 1$ pentru N par şi $N' = N$ pentru N impar).

Capitolul 2. PRINCIPIILE MECANICII NEWTONIENE

1.2.1 Asupra paraşutistului mai acţionează şi forţa de rezistenţă din partea aerului, care creşte repede cu viteza şi ajunge să echilibreze forţa de greutate.

1.2.2. $a = g = 9{,}8$ m/s², $2g$, $g/2$.

1.2.3. Nu.

1.2.4. $F_r = 2F \cos \frac{\alpha}{2} = 17{,}3$ kN.

1.2.5. $N = F\sqrt{2}$.

1.2.6. Nu; se dublează.

1.2.7. $a = T/m - g = 4{,}0$ m/s², respectiv $-3{,}0$ m/s².

1.2.8. $a_1 = 0{,}5$ m/s², $a_2 = 0$, $a_3 = -1$ m/s²; $T = G(1 - a/g) = 95$ kN; 100 kN; 110 kN.

1.2.9. Da (coboară talerul cu apa în care am băgat mîna).

1.2.10. Nu; da (coboară talerul cu vasul în care se scufundă corpul).

1.2.11. Dacă tragem încet, sîntem aproape în condiţiile de echilibru şi asupra firului superior acţionează forţa de tracţiune F plus greutatea corpului mg, de aceea el se rupe primul. Dacă smucim brusc, forţa de tracţiune F creşte aproape instantaneu la valoarea critică de rupere a firului, în timp ce firul superior continuă să rămînă sub acţiunea greutăţii mg, deoarece corpul m practic nu coboară în timpul foarte scurt de smucire, deci nu produce alungirea (şi forţa) necesară pentru ruperea firului superior.

1.2.12. $a = (n - 1)g = 2g$.

1.2.13. $m_0 = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2} = 9{,}6$ kg.

1.2.14. $a_{min} = g(n - 1) + na = 14$ m/s².

1.2.15. $f = F \frac{m_1}{m_1 + m_2} = 10$ N.

1.2.16. $F = T(1 + m_1/m_2) = 2{,}5$ kN.

1.2.17. $a = g + F/(m_1 + m_2) = 19{,}8$ m/s², $T = F\, m_1/(m_1 + m_2) = 1{,}0$ N.

1.2.18. $T = F \frac{m_2 + fm_0}{m_1 + m_2 + m_0}$.

1.2.19. $T_{1,2} = \frac{1}{2} m(g/\cos \alpha \mp a/\sin \alpha) = 0{,}76$, respectiv 10,5 N.

1.2.20. $a_1 = a\dfrac{M}{M+m} = 0{,}80\ \text{m/s}^2,\ a_2 = -a\dfrac{m}{M+m} = -1{,}20\ \text{m/s}^2;$

$$F = -\frac{Mma}{M+m} = -48\ \text{N}.$$

1.2.21. $a = g\dfrac{m+M}{M} = 14{,}7\ \text{m/s}^2.$

1.2.22. $v' = \dfrac{v\ \text{tg}\,\alpha}{\sqrt{1 - a/g}} = 85{,}7\ \text{km/h}.$

1.2.23. $a = g\dfrac{G_2 - G_1}{G_1 + G_2} = 4{,}9\ \text{m/s}^2,\quad T = \dfrac{2G_1G_2}{G_1+G_2} = 15\ \text{N};$ respectiv

$$a' = g\frac{F - G_1}{G_1} = 19{,}6\ \text{m/s}^2,\quad T' = G_2 = 30\ \text{N}.$$

1.2.24. $f = \dfrac{2mMg}{2M+m} = 0{,}186\ \text{N},\ F = \dfrac{4M(M+m)g}{2M+m} = 4{,}1\ \text{N}.$

1.2.25. $F = \dfrac{4m_1m_2(a_0+g)}{m_1+m_2} = 3{,}6$ N (deci într-un SC accelerat totul se petrece ca și cum SC n-ar fi accelerat, dar în schimb apare un cîmp gravitațional echivalent $\vec{g}_{ech} = -\vec{a}$).

1.2.26. $a_1 = \dfrac{m_1g - m_2(g - w_2)}{m_1+m_2} = 1{,}00\ \text{m/s}^2;\ F_f = T = \dfrac{m_1m_2(2g - w_2)}{m_1+m_2} = 2{,}06\ \text{N}.$

1.2.27. $T = mg\dfrac{l - l_0}{l} = 29{,}4\ \text{N};\ a = g(2l_0/l - 1) = 2{,}45\ \text{m/s}^2.$

1.2.28. *a)* $T = \dfrac{2m_1m_2}{m_1+m_2}\left(g + \dfrac{w_1+w_2}{2}\right) = 500\ \text{N},$

$$a = \frac{(m_2 - m_1)g + m_2w_2 - m_1w_1}{m_1+m_2} = 2{,}18\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2};$$

b) $a_1 = \dfrac{(m_2 - m_1)g + m_2(w_1+w_2)}{m_1+m_2} = 2{,}78\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2},$

$$a_2 = \frac{(m_1 - m_2)g + m_1(w_1+w_2)}{m_1+m_2} = 1{,}48\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2};$$

c) cel cu masa mai mică.

1.2.29. Trebuie să *coboare* cu accelerația $a = g\dfrac{2M}{m} = 23{,}5\ \text{m/s}^2.$

1.2.30. $a_1 = 2g\dfrac{2m_1 - m_2}{4m_1+m_2} = -2a_2 = 7{,}84\ \text{m/s}^2;\ T = g\dfrac{3m_1m_2}{4m_1+m_2} = 0{,}686\ \text{N}.$

1.2.31. $a_2 = \dfrac{m_2 - 8m_1}{64m_1+m_2}g = 0{,}98\ \text{m/s}^2 = -a_1/8.$

1.2.32. $2a_1 + a_2 + a_3 = 0;\ a_1 = g\dfrac{m_1(m_2+m_3) - 4m_2m_3}{m_1(m_2+m_3) + 4m_2m_3} = 1{,}96\ \text{m/s}^2;\ a_2 = g\dfrac{m_1(m_2 - 3m_3) + 4m_2m_3}{m_1(m_2+m_3)+4m_2m_3} = -5{,}88\ \text{m/s}^2;$

$$a_3 = g\frac{m_1(-3m_2 + m_3) + 4m_2m_3}{m_1(m_2+m_3) + 4m_2m_3} = 1{,}96\ \text{m/s}^2;$$

$$T_1 = \frac{8m_1m_2m_3g}{m_1(m_2+m_3)+4m_2m_3} = 2T_2 = 2T_3 = 3{,}14\ \text{N};$$

$$m_3 = \frac{m_1m_2}{3m_1 - 4m_2} = 0{,}500\ \text{kg}.$$

Capitolul 3. MIȘCAREA PUNCTULUI MATERIAL SUB ACȚIUNEA UNOR TIPURI DE FORȚE

Mișcarea rectilinie uniformă

1.3.1. $v_m = \dfrac{2v_1v_2}{v_1+v_2} = 9{,}6\ \text{km/h}.$

1.3.2. $v_m = \dfrac{2v_1v_2}{v_1+v_2} = 48\ \text{km/h}.$

1.3.3. $v_m = \dfrac{v_1v_2}{fv_2 + (1-f)v_1} = 60\ \text{km/h}.$

1.3.4. $v_m = \dfrac{2v_1(v_2+v_3)}{2v_1+v_2+v_3} = 8\ \text{km/h}.$

1.3.5. $v_m = \dfrac{v_1t_1 + v_2t_2 + v_3t_3}{t_1+t_2+t_3} = 30\ \text{km/h}.$

1.3.6. $v_1 = v'\dfrac{M}{M+m} = 0{,}40\ \text{m/s},\ v_2 = -v'\dfrac{m}{M+m} = -0{,}60\ \text{m/s};$

$$d_1 = l\frac{M}{M+m} = 0{,}80\ \text{m},\ d_2 = -l\frac{m}{M+m} = 1{,}20\ \text{m}.$$

1.3.7. $t_1 = \dfrac{2d}{v} < t_2 = \dfrac{2vd}{v^2 - v_r^2},\ t_1 = 2{,}0\ \text{h},\ t_2 = 2{,}0\ \text{h}\ 7{,}5\ \text{min}.$

1.3.8. $\cos\alpha = v/v_0,\ \alpha = 60°.$

1.3.9. $\sin\alpha \geq \dfrac{b}{l}\dfrac{v_0}{v} = \dfrac{1}{2},\ \alpha \in [30°,\ 150°];\ v_{min} = bv_0/l = 1{,}5\ \text{m/s}.$

1.3.10. $v_2 = 2d/\tau = 30\ \text{km/h}.$

1.3.11. SR legat de coloană; $t = \dfrac{2lv_0}{v_0^2 - v^2} = 4{,}5\ \text{min}.$

1.3.12. SR legat de sportivul considerat; $N = n\dfrac{(v_1+v_2)\tau}{d} = 200.$

Mişcarea rectilinie uniform variată

1.3.13. 1) $v = 15$ m/s, $a = 0$; 2) $a = 1{,}0$ m/s², $v = 15 + t$; 3) $a = -0{,}50$ m/s², $v = 10 - 0{,}5\,t$.

1.3.14. Pentru $t \in (0,\ 5)$ s — mişcare încetinită $(v = -20 + 4t)$; pentru $t \in (5,\ 10)$ s — repaus; pentru $t \in (10,\ 15)$ s — mişcare accelerată $(v = -2t)$.

1.3.15. Figura 1.3.15, R.

1.3.16. Corpul este tot timpul accelerat; viteza maximă este la momentul $t = 14$ s.

1.3.17. Nu; dacă viteza iniţială este nulă corpul va căpăta viteză în sensul acceleraţiei.

1.3.18. Nu, căci în al n-lea interval de timp τ distanţa parcursă ar trebui să fie $s_n = a(n-1)\tau \cdot \tau + \frac{1}{2}a\tau^2 = \frac{1}{2}a\tau^2(2n-1)$.

1.3.19. $t = v/a = 14{,}8$ s.

1.3.20. $a = \dfrac{2\Delta x}{t_2^2 - t_1^2} = 10$ m/s².

1.3.21. $x = v^2/2a = 50$ m, $v' = v/\sqrt{2} = 25{,}5$ km/h.

1.3.22. $v_0 = d/t - at/2 = 15$ m/s.

1.3.23. $d = (v_2^2 - v_1^2)/2a = 55$ m.

1.3.24. $a = (v_2^2 - v_1^2)/2d = 2{,}5$ m/s², $v' = \sqrt{\frac{1}{2}(v_1^2 + v_2^2)} = 52{,}5$ km/h.

1.3.25. $d = v_1(t_1 + t_2) + \frac{1}{2}at_2^2 = 400$ m.

1.3.26. $v_0 = 2d/\tau = 54$ km/h.

1.3.27. $\Delta t = (v - v_0)/a = 4{,}2$ s; $t_m = -v_0/a = 8{,}4$ s.

1.3.28. $t = -v_0/a = 4$ s, $x_m = -v_0^2/2a = 40$ m.

1.3.29. $v_0 = -at_m = 20$ m/s, $d = -\frac{1}{2}at_m^2 = 400$ m.

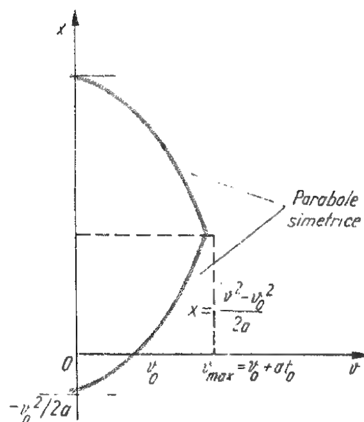


Fig. 1.3.15, R

1.3.30. $a = -v_0^2/2d = -3{,}2$ m/s², $t = 2d/v_0 = 25$ s, $v' = v_0/\sqrt{2} = 204$ km/h, $d' = 3d/4 = 750$ m.

1.3.31. $v_0 = 2x_m/t_m = 12$ m/s, $a = -2x_m/t_m^2 = -0{,}10$ m/s².

1.3.32. $a = -v_0/t_m = -1{,}0$ m/s², $x_m = \frac{1}{2}v_0t_m = 200$ m, $t' = t_m(1 - 1/\sqrt{2}) = 6$ s, $x' = 3x_m/4 = 150$ m.

1.3.33. $a = \dfrac{2(n-1)d}{(n+1)t^2} = 0{,}24$ m/s².

1.3.34. $s_i = (2i - 1)\frac{1}{2}a\tau^2$, deci $s_n = \dfrac{2n-1}{2k-1}s_k$.

1.3.35. $t = \sqrt{\dfrac{(m_1 + m_2)h}{(m_2 - m_1)g}} \approx 0{,}21$ s.

1.3.36. $T = m(g - 2s/t^2) = 2{,}7$ kN.

1.3.37. $F_r = mv_0^2/2d = 500$ kN, $t_m = 2\,d/v_0 = 20$ s.

1.3.38. $T = m \cdot 2d/t^2 = 200$ N.

1.3.39. $T/mg = 1 + (v_1 - v_2)/g\tau = 3$.

1.3.40. $F = m(fg + v^2/2d) = 292$ kN.

1.3.41. $x_1/x_2 = 2 - a_1/a_2 = 2 + a_1/|a_2| = (2M - m)/(M - m)$.

1.3.42. $s = dM/(M - m) = 300$ m.

Mişcarea corpurilor sub acţiunea greutăţii

1.3.43. $t_L/t_P = \sqrt{g_P/g_L} \cong \sqrt{6} \cong 2{,}46$.

1.3.44. $\nu = 1/(\tau + \sqrt{2h/g}) = 2{,}0$ s⁻¹.

1.3.45. $\tau' = \sqrt{\frac{2}{g}}(\sqrt{x_2} - \sqrt{x_1}) \approx \frac{1}{22}$ s.

1.3.46. $t = \tau\dfrac{3n-1}{2(n-1)} = 2{,}5$ s; $h = gt^2/2 = 30{,}6$ m.

1.3.47. $v' = \sqrt{v^2 + 2gh} = 34$ m/s, $t = (v' \mp v)/g = 2{,}1$ s sau $4{,}8$ s.

1.3.48. $h = c\tau + \frac{c^2}{g}(1 - \sqrt{1 + 2g\tau/c}) \approx \frac{1}{2}g\tau^2 = 78$ m.

1.3.49. $F_r = m(g - a) = 3{,}0$ N.

1.3.50. $F_r = mg - m \cdot 2h/t^2 = 1{,}8$ N.

1.3.51. $F_r = m(g + Hg/h + v_0^2/2h) = 202$ N.

1.3.52. $x_1 - x_2 = g\tau \cdot t - g\tau^2/2$ creşte liniar cu timpul.

1.3.53. Corpul 1 faţă de corpul 2: $v_1 - v_2 = g\tau =$ const, $x_1 - x_2 = g\tau t - g\tau^2/2$.

1.3.54. $\tau = \sqrt{t^2 + 2d/g} - t = 0{,}05$ s.

1.3.55. $H = (d + h)^2/4d = 16{,}0$ m; $h > d$.

1.3.56. $T = mg\left(1 + \dfrac{n-1}{n\tau}\sqrt{2h/g}\right) = 1{,}25$ kN.

1.3.57. $t = \dfrac{v(4m_1 + m_2)}{2g(2m_1 + m_2)} = 0{,}45$ s.

1.3.58. Figura 1.3.58, R. Mişcarea „periodică“ va fi amortizată.

1.3.59. $t_c = \tau\sqrt{a/g} = 5{,}0$ s.

1.3.60. *c*).

1.3.61. Zero, respectiv $-3h_{max}$; în ecuaţia mişcării y este *coordonata* corpului la momentul t şi *nu* distanţa parcursă!

1.3.62. $v_0 = \sqrt{(n-1)gh} = 9{,}8$ m/s; $v' = \sqrt{(n+1)gh} = 13{,}8$ m/s.

1.3.63. $v_0' = n \cdot v_0 = 4\ v_0$, respectiv $v_0' = \sqrt{n} \cdot v_0 = 2\ v_0$.

1.3.64. a_{max} în momentul lansării şi a_{min} în momentul aterizării.

1.3.65. $h' = 3h/4 = 3{,}7$ m.

1.3.66. $v_r = v_1 + v_2$, $y_r = (v_1 + v_2)t$.

1.3.67. $t = \dfrac{h}{v_2 - v_1} = 1{,}0$ s, $y = h\dfrac{2v_2(v_2 - v_1) - gh}{2(v_2 - v_1)^2} = 10{,}1$ m,

$2v_2(v_2 - v_1) > gh$.

1.3.68. $t = \sqrt{4b/g\ \sin 2\alpha}$ este maxim pentru $\alpha = 45°$.

1.3.69. $t = l/(v_{01} + v_{02}) = 30$s, $d = v_{02}t - at^2/2 = 60$ m.

1.3.70. $t_1 = 2\sqrt{R/g}$, $t_2 = \dfrac{\pi}{2}\sqrt{R/g}$.

1.3.71. $v_0 = n\sqrt{hg/2}$.

1.3.72. De n^2 ori.

1.3.73. $t = v_0/g\text{tg}\ \beta = 1{,}5$ s.

1.3.74. $v_0 = d\sqrt{g/2h} = 7{,}5$ m/s; $v' = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = 21{,}4$ m/s.

1.3.75. SC legat de şalupă; $d = (v + v')\sqrt{2h/g} = 180$ m.

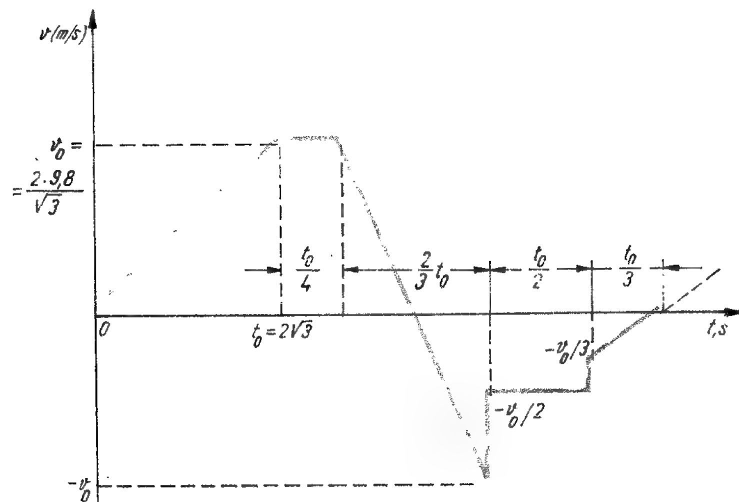


Fig. 1.3.58, R

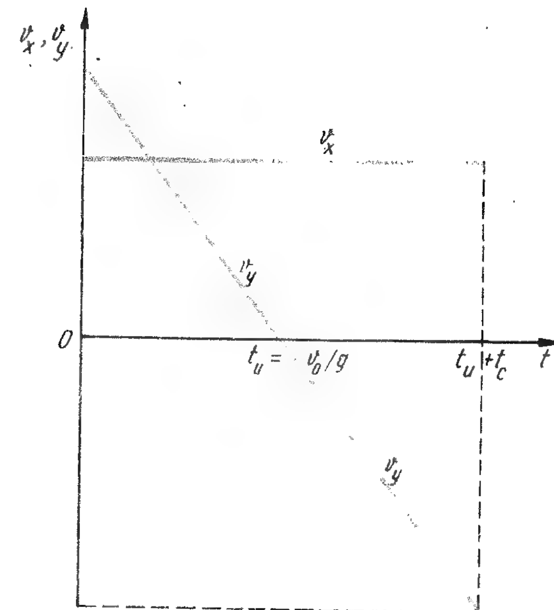


Fig. 1.3.81, R

1.3.76. $h = \Delta y - \dfrac{g\Delta x}{2v^2}(2d + \Delta x) = 14$ cm deasupra centrului ţintei.

1.3.77. $t = \dfrac{2}{g}v_0\text{tg}\ \alpha = 2{,}3$ s.

1.3.78. $h = gd^2\ (v_2^2 - v_1^2)/2v_1^2v_2^2 = 2{,}7$ m.

1.3.79. Da, timpul de cădere $t_c = \sqrt{2h/g}$.

1.3.80. $h_1 = h_2 = 19{,}6$ m; $t_1 = t_2 = d_1/v_1 = 2{,}0$ s, $d_2 = d_1v_2/v_1 = 12{,}0$ m.

1.3.81. Figura 1.3.81, R.

1.3.82. De n^2 ori. De n ori.

1.3.83. $\text{tg}\ \alpha = 4/n$, $\alpha = 53°$.

1.3.84. $d = v_0t\cos\alpha$, $h = v_0t\sin\alpha + gt^2/2$, de unde $d = 2{,}05$ km ($t = 20{,}5$ s).

1.3.85. $h = v_0t\sin\alpha - gt^2/2$, $t_1 = 2{,}5$ s, $t_2 = 40$ s, $d = v_0t\cos\alpha = 300$ m, respectiv 4,8 km.

1.3.86. $h = \dfrac{2u}{g}(v_0\cos\alpha - u)\text{tg}^2\alpha = 3{,}7$ m.

1.3.87. $v_0 = (2h - g\tau^2)/2\tau\sin\alpha = 67$ m/s, $b = v_0\cos\alpha\left(\dfrac{2}{g}v_0\sin\alpha + \tau\right) = 435$ m.

1.3.88. $v_0 = \cos\alpha\sqrt{gl/2\sin\alpha} = 8{,}5$ m/s.

1.3.89. Deoarece $v_0^2/4g > H-h$, trebuie aruncat sub unghiul dat de $v_0^2\sin^2\alpha_0/2g = H - h$, $\alpha_0 = 17°$, atunci distanța maximă se obține din ecuația traiectoriei pentru $y = -h$: $-h = x\,tg\alpha_0 - \frac{1}{2}\frac{gx^2}{v_0^2\cos^2\alpha_0}$, $x^2 - 22x - 104 = 0$, $x = 26$ m. (Dacă ar fi $v_0^2/4g < H - h$, atunci $\alpha_0 = 45°$ și $x_{max} = v_0^2/g$.)

1.3.90. $v = \sqrt{gh/2f(2+f)}\cdot\frac{1+f}{\sin\alpha} = 20$ m/s.

1.3.91. $h = d(tg\alpha - gd/2v_0^2\cos^2\alpha) = 2{,}0$ m.

1.3.92. $-h = d\,tg\alpha - gd^2/2v_0^2\cos^2\alpha$, de unde $d = 45$ km; $-h = v_0 t\sin\alpha - gt^2/2$, de unde $t = 74{,}2$ s ($d = v_0 t\cos\alpha$).

1.3.93. Coordonatele țintei (d, $d\,tg\beta$) verifică ecuația traiectoriei $d\,tg\beta = d\,tg\alpha - gd^2/2v_0^2\cos^2\alpha$, de unde $v = \sqrt{gd/2\cos^2\alpha\,(tg\alpha - tg\beta)} = 316\ \frac{m}{s}$.

1.3.94. $R = \frac{v_0^2}{g}\left[1-(1-f)^2/4\right] = 1{,}53$ m.

1.3.95. $v_r = 2v_0\sin\alpha_1 = 2{,}8$ m/s vertical în jos.

1.3.96. $\tau = v_0/g - d/u \pm \sqrt{d^2/u^2 - v_0^2/g^2 - 2h/g} = 0{,}60$ s sau 3,4 s.

1.3.97. $d = h(v_2 + v_1\cos\alpha)/v_1\sin\alpha = 40$ m.

1.3.98. $tg\alpha = H/d$, $\alpha = 30°$; $v_0 \geq \sqrt{\frac{g}{2}(H + d^2/H)} = 14$ m/s.

Forțele de frecare

1.3.99. $F_f = F\cos\alpha = 10$ N.

1.3.100. *c)* și *e)*; *e)*.

1.3.101. Cazul *b*.

1.3.102. $\mu = 2s_m/gt_m^2 = 0{,}10$.

1.3.103. $\mu = v_0^2/2gs_m = 0{,}28$.

1.3.104. $t \geq v_0/\mu g = 10$ s.

1.3.105. Se vor opri simultan.

1.3.106. $a = \frac{F\cos\alpha - \mu(mg \mp F\sin\alpha)}{m} = \frac{F\cos(\alpha\mp\varphi)}{m\cos\varphi} - g\,tg\,\varphi = 1{,}4$ m/s²; 0,30 m/s²; $a_{max} = \frac{F}{m\cos\varphi} - g\,tg\varphi = 1{,}5$ m/s², cînd $\alpha = \varphi = 15°$.

1.3.107. $a = \frac{F}{m}(\cos\alpha_2 + \mu\sin\alpha_2) - \mu g = 0{,}70$ m/s², $\mu = \frac{F\cos\alpha_1}{mg - F\sin\alpha_1} = 0{,}65$.

1.3.108. $p = l\sin\varphi = 10$ cm.

1.3.109. $F_{tract\text{-}max} = \mu\eta mg - fMg = Ma_{max}$, $M = \frac{\mu\eta mg}{fg + a_{max}} = 330$t.

1.3.110. $\mu = \frac{f}{1-f} = 0{,}25$.

1.3.111. Ar trebui ca $F\sin\alpha \geq \mu(mg + F\cos\alpha)$ sau $F\sin(\alpha-\varphi) \geq mg\sin\varphi$, ceea ce nu se poate dacă $\alpha < \varphi$ căci membrul stîng ar deveni negativ.

1.3.112. $T(x) = Fx/l$.

1.3.113. $a > \mu g = 1{,}96$ m/s².

1.3.114. $a = \frac{F}{m+M} = 10^{-2}$ cm/s², respectiv $a_l = \frac{F-\mu mg}{m} = 0{,}5$ m/s², $a_v = \mu mg/M = 0{,}25$ m/s².

1.3.115. $F = (\mu_1+\mu_2)(m_1+m_2)g = 14{,}7$ N.

1.3.116. Pînă în momentul $t_0 = \frac{\mu g}{c}(m_1+m_2) = 1{,}96$ s, $a_1 = a_2 = \frac{ct}{m_1+m_2} = t$, m/s², după care $a_1 = \mu g = 1{,}96$ m/s², $a_2 = \frac{ct - \mu m_1}{m_2} = 1{,}25t - 0{,}49$, m/s².

1.3.117. $\frac{1}{2\mu\sin2\alpha_0} = 2$.

1.3.118. $tg\alpha = \frac{4\mu}{3-\mu^2} = 11°25'$.

1.3.119. a) $T = F = 20$ N; $a = F/m - \mu g = 1{,}02$ m/s²; b) $a = \frac{G-\mu mg}{G+mg}g = 0{,}85\frac{m}{s^2}$, $T = G\frac{(1+\mu)mg}{G+mg} = 18{,}3$ N.

1.3.120. $a = g\frac{M-\mu(m_1+m_2)}{M+m_1+m_2} = 0{,}39$ m/s², $T_1 = gM\frac{(1+\mu)(m_1+m_2)}{M+m_1+m_2} = 18{,}8$ N; $T_2 = gM\frac{(1+\mu)m_2}{M+m_1+m_2} = 7{,}1$ N; $N = T_1\sqrt{2} = 26{,}5$ N.

1.3.121. $a = g\frac{M-\mu(m_1+m_2)}{M+m_1+m_2} = 0{,}7$ m/s², $T_1 = Mg\frac{(1+\mu)(m_1+m_2)}{M+m_1+m_2} = 1{,}82$ N, $T_2 = Mg\frac{(1+\mu)m_2}{M+m_1+m_2} = 0{,}11$ N; $a' = g\frac{M-\mu(m_1+m_2)}{m_1+m_2} = 0{,}98$ m/s², $T_2 = m_2 g\frac{M}{m_1+m_2} = 0{,}12$ N, $T_1 = Mg = 1{,}96$ N.

1.3.122. *a)* $F = \mu mg\frac{m+M}{M} = 7{,}84$ N; *b)* $F = \mu mg = 5{,}88$ N.

1.3.123. $\mu = tg\alpha - v^2/2gd\cos\alpha = 0{,}20$.

1.3.124. $\mu = tg\alpha - 2c/g\cos\alpha = 0{,}30$.

1.3.125. $l = v_0^2/2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = v_0^2/2g(p-\mu) = 41$ m. (Pentru unghiuri mici $\alpha < 6°$, $tg\,\alpha \cong \sin\alpha \cong \alpha$ în rad și $\cos\alpha \cong 1$.)

1.3.126. $\mu = h/(b+d) = 0{,}050$.

1.3.127. $t = \sqrt{2h\cos\varphi/g\sin\alpha\sin(\alpha-\varphi)} = 0{,}64$ s.

1.3.128. Nu, căci $\alpha < \varphi$ = unghi de frecare (condiția de autoblocare).

1.3.129. Da, deoarece $\mu = 0{,}30 > tg\,15° = 0{,}27$. Nu, deoarece $\mu' = 0{,}030 < tg\,15°$.

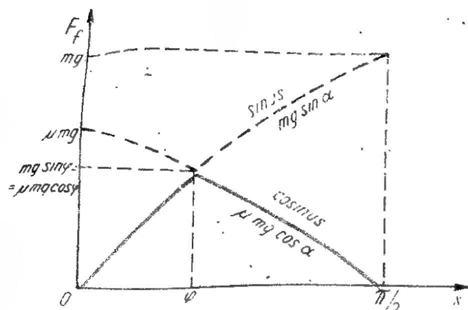


Fig. 1.3.132, R

1.3.130. $T = mg(\sin\alpha \mp \mu\cos\alpha) = 111$ kN; 166 kN.

1.3.131. $a = 2g\sin\alpha - F/m = 4{,}8$ m/s^2.

1.3.132. Figura 1.3.132, R.

1.3.133. $\varphi_1 = \text{arctg}\,\mu_1 = 23°15'$; $\varphi_2 = \text{arctg}\,\mu_2 = 17°45'$, deci $\varphi = 20 \div 21°$.

1.3.134. $p = \text{tg}\alpha = \mu\dfrac{G + NG_0}{G - NC_0} = 0{,}30$.

1.3.135. $F_{min} = mg\text{tg}(\alpha - \varphi) = 3{,}3$ N.

1.3.136. $v_{max} = \sqrt{\dfrac{mg}{k}(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} = 25$ m/s.

1.3.137. $a = \dfrac{F}{m}(\cos\alpha - \mu\sin\alpha) - g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 15{,}7$ m/s^2.

1.3.138. $a = g\left(\sin\alpha - \dfrac{\mu\cos\alpha}{\sin\beta/2}\right) = 1{,}5$ m/s^2.

1.3.139. $\mu = \dfrac{2h/gt^2 + \sin^2\alpha}{\sin\alpha\,\cos\alpha} = 0{,}30$; $v_{min} = \sqrt{2gh(1 - \mu\text{ctg}\alpha)} = 10$ m/s (dacă ar fi $\mu > \text{tg}\,\alpha$, atunci ar putea coborî oricît de încet).

1.3.140. $a \in (a_1, a_2)$, $a_{1,2} = g\text{tg}(\alpha \mp \varphi) = 8$ m/s^2, respectiv $12\ \dfrac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

1.3.141. $a = g\left(\sin\alpha - \dfrac{(\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2)\cos\alpha}{m_1 + m_2}\right) = 7{,}3$ m/s^2,

$$T = \frac{(\mu_2 - \mu_1)m_1 m_2\cos\alpha}{m_1 + m_2} = -6{,}0 \text{ mN}.$$

1.3.142. Dacă $a \leqslant g\dfrac{\cos(\alpha + \varphi)}{\sin\varphi} = 26{,}8$ m/s^2, atunci $\beta = \alpha + \varphi = 45°$

altfel $\text{tg}(\beta - \alpha) = \dfrac{g\cos\alpha}{g\sin\alpha + a}$; $\beta = 43°40'$.

1.3.143. Să meargă cu accelerația $a = g\dfrac{M + m}{m}(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = -3$ m/s^2.

1.3.144. $a = g\dfrac{M + m}{M}(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 6{,}86$ m/s^2.

1.3.145. *a)* $a = g\dfrac{m - M(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{M + m} = 2{,}8$ m/s^2, $T = \dfrac{gmM}{M + m}(1 + \sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 28$ N, *b)* $N = 2T\cos(\pi/4 - \alpha/2) = 48{,}44$ N.

1.3.146. *a)* $a = \dfrac{g}{m_1 + m_2}\left[m_2(\sin\alpha_2 - \mu_2\cos\alpha_2) - m_1(\sin\alpha_1 + \mu_1\cos\alpha_1)\right] = 2{,}48$ m/s^2, $T = g\dfrac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}\left[\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2 + \mu_1\cos\alpha_1 - \mu_2\cos\alpha_2\right] = 0{,}906$ N, *b)* $N = 2T\sin(\alpha_1 + \alpha_2)/2 = 1{,}23$ N.

1.3.147. *a)* $\text{tg}\theta = \mp a/g$, $\theta = \mp 26{,}5°$, $T = m\sqrt{g^2 + a^2} = 11{,}2$ N;

b) $\text{tg}\,\theta = \dfrac{-a\cos\alpha}{g \pm a\sin\alpha} = -19°$, respectiv $-30°$;

$T = m\sqrt{g^2 + a^2 \pm 2ga\sin\alpha} = 13$ N, respectiv 8,5 N; *c)* $\theta = \varphi = 15°$,

$T = \dfrac{mg}{\cos\varphi} = 10{,}14$ N; *d)* $\theta = \varphi \pm \alpha = 45°$, respectiv $-15°$,

$T = mg\dfrac{\cos\alpha}{\cos\varphi} = 8{,}3$ N.

Mișcarea circulară uniformă

1.3.148. $v = \pi nD = 2{,}8$ m/s $= 7{,}8$ km/h.

1.3.149. $v_A = 0$, $v_B = 2v$.

1.3.150. $\omega = (v_2 + v_1)/2R = 30$ rad/s.

1.3.151. $d = 2l = 10$ m.

1.3.152. Perioada T este în raport cu stelele „fixe". Față de Soare, Pămîntul are o mișcare de revoluție și într-o perioadă avansează cu 1/365 din orbita circumsolară, de aceea trecerea Soarelui la meridian „întîrzie" cu ~ 4 min.

1.3.153. Față de Soare vitezele punctului inferior (baza turnului) și superior (vîrful turnului) sînt $v_1 = \omega R\cos\varphi$, $v_2 = \omega(R + h)\cos\varphi$, deci corpul are în punctul superior (vîrful turnului) o viteză relativă față de punctul inferior (față de baza turnului) $v_r = v_2 - v_1 = \omega h\cos\varphi$, ca și cum ar fi aruncat orizontal (spre est) din turn cu această viteză. Timpul de cădere $t_c = \sqrt{2h/g}$, de aceea $x \cong v_2 t_c - v_1 t_c = v_r t_c = h\sqrt{2h/g}\,\omega\cos\varphi = 18$ cm spre est. Calculul mai riguros dă un coeficient 2/3.

1.3.154. $T_0 = T = 28$ zile.

1.3.155. $v = 2\pi R_{PL}/T_L - 2\pi R_P/T_P = 995$ m/s $- 465$ m/s $= 530$ m/s.

1.3.156. $T_r = \dfrac{TT'}{T - T'} = 36{,}7$ zile, $T'_r = 2\pi NT_r$, unde N — numărătorul fracției „raționalizate" $\dfrac{T'(T - T_0)}{T_0(T - T')} \cong \dfrac{367}{10}$, deci $T'_r \cong 231$ ani.

1.3.157. $t = \dfrac{nb}{v}\left[\alpha + \dfrac{\pi}{4}(n + 1)\right] = 1{,}83$ s.

1.3.158. $R = v^2/g\text{tg}\alpha = 7{,}85$ m.

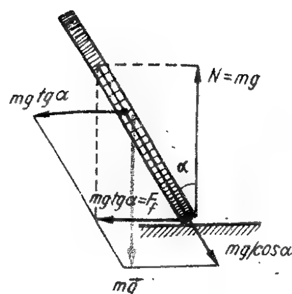


Fig. 1.3.161, R

1.3.159. $R_{min} = v^2/ng = 1,84$ km.

1.3.160. $\mathrm{tg}\,\alpha = v^2/Rg = 45°$.

1.3.161. Înclinîndu-se pentru a cădea, va apărea o componentă orizontală a greutății care curbează traiectoria (cealaltă componentă este oblică spre punctul de contact cu planul și este echilibrată de reacțiunea normală și de forța de frecare (fig. 1.3.161, R).

1.3.162. $\cos\alpha = g/4\pi^2 n^2 l \cong 0,50$; $\alpha = 60°$.

1.3.163. $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{g\,\mathrm{tg}\,\alpha/(R + l\sin\alpha)} = 0,71$ rot/s.

1.3.164. $\sqrt{1 + (v^2/Rg)^2} - 1 \cong \frac{1}{2}(v^2/Rg)^2 = 0,5\%$.

1.3.165. $T = \frac{m}{2l}\omega^2(l^2 - x^2)$.

1.3.166. Pentru a echilibra forțele centrifuge.

1.3.167. Forța arhimedică: $F_A = m g_{ech}\,\rho_{incl}/\rho_{met} \sim g_{ech} \cong \omega^2 R \sim \omega^2$, devine foarte mare la turații mari.

1.3.168. $m\omega^2 R/mg = 4\pi^2 n^2 R/g = 320$.

1.3.169. $\Delta G = m \cdot 4\pi^2 R/T^2 = 4\pi^2 mR/T^2 = 102$ kN. Nu, dacă se neglijează variația de temperatură.

1.3.170. $T = mg \pm m\omega^2 l = m(g \pm 4\pi^2 nl) = 50$ N (tija întinsă); -30 N (tija comprimată).

1.3.171. $v = \sqrt{Rg\cos\alpha} = 15,7$ m/s $= 56,4$ km/h.

1.3.172. $F'_{max} = F_{max}(1 \mp v^2/Rg) =$ zero, respectiv 30 kN.

1.3.173. $T = mv^2/R \mp mg = 2,8$ kN, respectiv 4,2 kN.

1.3.174. $v_{max} = \sqrt{gR(\cos l/2R - \frac{1}{\mu}\sin l/2R)} = 16,8$ m/s.

1.3.175. Forța necesară în cazul frînării $F = mv^2/2d$, iar în cazul virajului $F = mv^2/d$, deci este mai bine să frîneze.

1.3.176. $\alpha_{max} = \varphi = 14°$.

1.3.177. $\mathrm{tg}\,\alpha = \mu$, $\alpha \cong 6°$, $R = v^2/\mu g = 10$ m/s.

1.3.178. $\mu \geqslant 4\pi^2 n^2 R/g = 0,20$.

1.3.179. $v_{max} = \sqrt{Rg\,\mathrm{tg}(\alpha + \varphi)}$, $\varphi = 10°$, $v_{min} = \sqrt{Rg\,\mathrm{tg}(\alpha - \varphi)} = 35\ \frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$.

1.3.180. $v = \sqrt{Rg\cos\alpha} = 1,4$ m/s.

1.3.181. $v = 2\pi nd/\theta = 400$ m/s.

1.3.182. $n \geqslant \frac{1}{2\pi}\sqrt{2g/D\,\mathrm{tg}\,\alpha} = 2,2$ rot/s.

1.3.183. $\cos\alpha = g/4\pi^2 n^2(R - r)$, $\alpha = 60°$.

1.3.184. *a*) Firele de nisip rămîn la fundul sferei; *b*) formează un inel cu unghiul format de raza vectoare cu verticala: $\cos\alpha = g/\omega^2 R$, $\alpha = 37°$.

1.3.185. $\mu \geqslant (u - 2\pi nR)^2/Rg = 0,40$.

1.3.186. Traiectorie rectilinie; distanță mai mare cînd $\omega_0 \neq 0$.

1.3.187. $T = \frac{m}{2\pi}(g/\mathrm{tg}\,\alpha + \omega^2 l/2\pi) = 1,0$ N.

1.3.188. $\mu \geqslant (gR + v^2\mathrm{tg}\,\alpha)/(gR\,\mathrm{tg}\,\alpha - v^2) = 0,72$.

1.3.189. $T_1 = \frac{m\omega^2 R\cos\beta + mg\sin\beta}{\sin(\alpha + \beta)}$, $T_2 = \frac{m\omega^2 R\cos\alpha - mg\sin\alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$.

Dacă $\beta < \alpha$, ca în enunț, se rupe întîi firul superior ($T_1 > T_2$). În cazul $\beta > \alpha$, dacă tensiunea de rupere $T_r < mg/(\cos\alpha - \cos\beta) = T_0$, se rupe întîi firul superior. Dacă $T_r > T_0$, la viteza unghiulară $\omega^2 = \frac{g(\sin\alpha + \sin\beta)}{R(\cos\alpha - \cos\beta)}$ tensiunile devin egale $T_1 = T_2 = T_0$, după care $T_2 > T_1$, deci se va rupe întîi firul de jos.

1.3.190. $F_{f1,2} = \mu N_{1,2} = mg\frac{\sin\varphi}{\sin 2\alpha}\cos(\alpha \pm \varphi) = 0,207$ N; $0,284$ N.

Dacă $\alpha > \pi/2 - \varphi$, $N_1 = 0$ și cilindrul urcă pe planul 2.

1.3.191. $\sqrt{Rg\frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\cos\alpha - \mu\sin\alpha}}$; $\sqrt{\mu Rg} = \sqrt{\frac{\mathrm{tg}(\alpha + \varphi)}{\mathrm{tg}\,\varphi}} = 1,26$.

1.3.192. $v = g\sqrt{RR_0}/v_0 = 20$ m/s, $\mathrm{tg}\,\alpha = Rg/v'^2$, $\alpha = 11,5°$.

1.3.193. $\omega = \sqrt{\frac{g\,\mathrm{tg}\,\beta}{l(\sin\alpha + \sin\beta)}} = 3,95$ rad/s.

1.3.194. $h = 2R/3 = 2,0$ m.

1.3.195. $2R/3 = \frac{t}{3}\sqrt{10gR/3} + gt^2/2$; $t = 0,3$ s.

1.3.196. $a = gl/R = 0,40$ m/s^2. $\mu \geqslant l/R = 0,041$.

1.3.197. $v^2_{max} = \mu gR/\sqrt{1 + 9/\pi^2}$, $v_{max} = 53$ km/h.

1.3.198. $a_{max} = \mu(g \mp v^2/R) = 1,6$ m/s^2, respectiv 4,3 m/s^2.

1.3.199. $R = mg + m\,4\pi^2 n^2 x = 42$ N.

1.3.200. $d = v_0^2\,R/2\sqrt{(\mu gR)^2 - v_0^4} = 30$ m.

1.3.201. $\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{g - a\mu}{a + g\mu}$, $\alpha = 45°$.

1.3.202. $h = R\left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a + \mu g}{g - \mu a}\right)^2}}\right] = 0,40$ m.

1.3.203. $\alpha_{max} = \varphi$, $F_f = mg\sin\varphi = 294$ N.

1.3.204. $v \geqslant \sqrt{Rg(M/m + 1)} = 22,4$ m/s.

1.3.205. $a_2 = g\sin^2\alpha\frac{m_1 + m_2}{m_1 + m_2\sin^2\alpha} = 9,0$ m/s^2.

1.3.206. $\sigma' = \sigma F'/F = 45$ MN/m^2.

1.3.207. $\sigma' = \sigma\, d^2/d'^2 = 8$ MN/m^2.

1.3.208. *a)* Crește de n ori, *b)* scade de n ori, *c)* scade de n^2 ori, *d)* nu se schimbă.

1.3.209. $h = \dfrac{\sigma_r}{s}\dfrac{1}{\gamma} = 50$ m.

1.3.210. $l_0 = \dfrac{m_1 l_1 + m_2 l_2}{m_1 + m_2} = 25$ cm.

1.3.211. $\dfrac{\Delta V}{V_0} = \varepsilon_V = (1 + \varepsilon)(1 - \mu\varepsilon)^2 - 1 \cong \varepsilon(1 - 2\mu)$. Deoarece $\mu < 0{,}5$, volumul crește la alungire și scade la comprimare.

1.3.212. $F > (m_1 + m_2)g = 2{,}94$ N (resortul trebuie să se destindă cu $m_2 g/k$ față de lungimea sa nedeformată).

1.3.213. $F = (M + m)g = 130$ N.

1.3.214. $\Delta x = \dfrac{m_2 g}{k}\dfrac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} = -4$ cm.

1.3.215. $\varepsilon = \dfrac{1}{F_1/x_1 m 4\pi^2 n^2 - 1} = 1{,}0\ \%$.

1.3.216. $\Delta x = \dfrac{m\,\omega^2\, l_0}{k - m\,\omega^2} = 5{,}0$ cm.

1.3.217. $\mu > \dfrac{2T}{(M + m_1 + m_2)g} = 0{,}4$.

1.3.218. $R = \dfrac{l}{2\pi}\dfrac{1}{1 - \omega^2 m/4\pi^2 k} = 0{,}32$ m.

1.3.219. $\omega = \sqrt{g/(l_0\cos\alpha + mg/k)} = 4{,}43$ rad/s.

1.3.220. $\mu = \dfrac{k l_0(1/\cos\alpha - 1)\sin\alpha}{mg - k l_0(1 - \cos\alpha)} = 0{,}20$.

Legea atracției universale. Cîmpul gravitațional

1.3.221. $F = K M_P M_L / R^2 = 2{,}0 \cdot 10^{20}$ N.

1.3.222. $x = \dfrac{60}{1 + 1/\sqrt{81}} R - R = 53\ R$, (sau $6R$ de la centrul Lunii).

1.3.223. $G_P/G_M = g_P/g_M = \dfrac{M_P}{M_M}\left(\dfrac{R_M}{R_P}\right)^2 = 2{,}5$.

1.3.224. $\Delta g/g \cong \Delta M/M \sim 2 \cdot 10^{-17}\%$.

1.3.225. $g = g_0/(1 + n)^2$.

1.3.226. $g = g_0\left(\dfrac{R}{R + h}\right)^2 \approx g_0\left(1 - \dfrac{2h}{R}\right)$; $\dfrac{g_0 - g}{g_0} = \dfrac{2h}{R} = 0{,}04\%$.

1.3.227. $h = R : \sqrt{1 - 3\pi/K\rho T^2} - R = 1\,000$ km.

1.3.228. $h \cong (g_P - g_E)R/2g_P = 16$ km.

1.3.229. $g' = g\dfrac{D'}{D}\dfrac{\rho'}{\rho} \doteq 4{,}5$ m/s^2.

1.3.230. $4\pi^2 R/T^2 g = 0{,}35\%$; $T = 2\pi\sqrt{R/g} = 1$ h 25 min.

1.3.231. $\rho = 3\pi/K T^2 = 2{,}73$ g/cm^3.

1.3.232. $K = 3g_0/4\pi R\rho = 6{,}7 \cdot 10^{-11}$ N · m^2/kg^2.

1.3.233. $g = \dfrac{2\pi}{3} K\rho D = 7{,}7 \cdot 10^{-3}$ m/s^2, $h' = h\, g_P/g_A = 636$ m.

1.3.234. $T = \sqrt{\dfrac{3\pi n}{n - 1}\dfrac{1}{K\rho}} = 2$ h 17 min.

1.3.235. $g_s = \dfrac{4\pi^2 R}{T^2}\,\mathrm{ctg}^2\dfrac{\alpha}{2} \cong \dfrac{16\pi^2 R}{T^2\alpha^2} = 270$ m/s^2.

Sateliți artificiali

1.3.236. $G_{ap} = 5\ mg$.

1.3.237. La lansarea verticală $a_{max} = 4\,g$, în spațiul cosmic $5\,g$ (la aterizare verticală $6\ g$).

1.3.238. Pentru a folosi viteza periferică de rotație a Pămîntului.

1.3.239. $v = R\sqrt{g_0/r} \sim 1/\sqrt{r}$, $v_{max} = v_I = \sqrt{g_0 R} = 7{,}9$ km/s — prima viteză cosmică.

1.3.240. $T = 2\pi\dfrac{r^{3/2}}{R\sqrt{g_0}} \sim r^{3/2}$, $T_{min} = 2\pi\sqrt{R/g_0} = T_I = 1$ h 25 min,

$\nu = 1/T = \dfrac{1}{2\pi} R\sqrt{g_0}/r^{3/2} \sim 1/r^{3/2}$, $\nu_{max} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{g_0/R} = 17$ rot/24 h.

1.3.241. $v_I = \sqrt{g_0 R} = 1{,}7$ km/s.

1.3.242. $v = \sqrt{g_0 R/\sqrt{n}} = 5{,}6$ km/s.

1.3.243. În planul ecuatorial, spre est, la altitudinea ($T = 24$ h): $h = \sqrt[3]{g_0 R^2 T^2/4\pi^2} - R = 35{,}6 \cdot 10^3$ m, $v = \sqrt[3]{2\pi g_0 R^2/T} = 3{,}1\ \dfrac{\text{km}}{\text{s}}$.

1.3.244. $T = 2\pi\dfrac{R + h}{R}\sqrt{\dfrac{R + h}{g}} = 4\pi\sqrt{\dfrac{2R}{g}} = 4$ h, $n = \dfrac{D}{T} = 6$ rot.

1.3.245. $v = v_I \pm v_P = \sqrt{gR} \pm 2\pi R/T = 8{,}36$ km/s (spre vest); 7,43 km/s (spre est).

1.3.246. $T = \sqrt{3\pi/K\rho} = 2$ h.

1.3.247. $\rho = 3v_I^2/4KS = 3 \cdot 10^3$ kg/m^3.

1.3.248. $g = v^2(R + h)/R^2 = 12$ m/s^2.

1.3.249. $M = Rv^2/K = 2 \cdot 10^{30}$ kg.

1.3.250. $M = v^2 R/K = 5{,}8 \cdot 10^{24}$ kg, respectiv $2 \cdot 10^{30}$ kg.

1.3.251. $T = 2\pi\dfrac{R}{R_0}\sqrt{R/g_0} = 27{,}4$ zile.

1.3.252. $m_S = 4\pi^2 R^3/KT^2 = 2\cdot 10^{30}$ kg.

1.3.253. $m = \frac{4\pi^2}{K}\,\frac{r^3}{T^2} = 6\cdot 10^{24}$ kg.

1.3.254. $m_S/m_P = (R_{PS}/R_{LP})^3\,(T_L/T_P)^2 = 3{,}5\cdot 10^5$.

1.3.255. $\sqrt[3]{T'^2/T^2} = 5{,}2$ ori.

1.3.256. $T = \sqrt{n}\cdot T_0 = 1{,}41$ ani.

1.3.257. $\tau = 2\pi g R^2/(v_1^3 - v_2^3) = 39$ h.

1.3.258. $T = 3\,\frac{R}{l}\,\frac{mMg}{m+M} = 0{,}030$ N.

Capitolul 4. ENERGIA MECANICĂ

1.4.1. $m = L/gd = 102$ g.

1.4.2. $L = m(a+g)h = 4{,}8$ kJ.

1.4.3. $a = g(L/Gh - 1) = 1{,}96$ m/s^2.

1.4.4. $L = \frac{1}{2}\,mg\cdot vt = 4{,}9$ kJ.

1.4.5. $P = \vec{F}\cdot\vec{v} = Fv\cdot\cos\alpha = 290$ kW.

1.4.6. $L = gl\,(m/2 + m_0) = 12{,}7$ kJ.

1.4.7. $L = m(g+a)h = 9{,}6$ kJ.

1.4.8. $F_r d = mv^2/2$, $d = mv^2/2F_r = 2{,}0$ cm.

1.4.9. $F = m(v_0^2 - v'^2)/2l - mg = 50$ N.

1.4.10. $L = \frac{1}{2}\,m(v_2^2 - v_1^2) + F_f d = 72$ J.

1.4.11. $F = nmv^2/2l = 1{,}0$ kN.

1.4.12. $L = Nmgh\,\frac{N-1}{2} = 9{,}7$ kJ.

1.4.13. $L = (G + h\gamma/2)h = 2{,}4$ MJ, $\eta = Gh/L = 83\%$.

1.4.14. $P = \mu mgv/\eta = 84$ kW.

1.4.15. $P = Rlv = 7{,}5$ kW, $L = P\,\frac{S}{lv} = RS = 75$ MJ.

1.4.16. $N = RbS/Pt = 25$.

1.4.17. $F'/F = \pi\eta l/h\,\mathrm{tg}\alpha = 100$.

1.4.18. $\mu mg\cdot d = mv_0^2/2$, $d = v_0^2/2\mu g = 100$ m.

1.4.19. $v = \sqrt{\frac{2m_0+m}{m_0+m}\,gl} = 7{,}0$ m/s.

1.4.20. $v_m = P/fmg = 100$ m/s; $a = P/mv - fg = 0{,}80$ m/s^2.

1.4.21. $d = (M-m)^3 v^3/2M^2P = 30$ m.

1.4.22. $\eta M\cdot 2\pi = Fh$, $F = 2\pi\eta M/h = 3{,}5$ kN, $L_u = Fb = 140$ J.

1.4.23. $Q = P/\rho gh = 10$ l/s.

1.4.24. $P = 8q^3/\pi^2 D^4\rho^2 + qgh = 80$ W. Dacă nu folosim tub: $P' = qgh < P$.

1.4.25. $(F - F_r)d = mv^2/2$, $v = \sqrt{2(F-F_r)d/m} = 1{,}00$ m/s.

1.4.26. $F_r = (m+m_0)g + \frac{mgh}{x}\,\frac{m}{m+m_0} = 998$ N, $\eta = \frac{F_r x}{mg\,(h+x)} = 93\%$.

1.4.27. $E_C = E_P = \frac{1}{4}\,mg^2\tau^2 = 192$ J.

1.4.28. $h = v_0^2/4g = 6{,}5$ m.

1.4.29. $L = mgd^2/4h = 1{,}0$ J.

1.4.30. $t = \frac{v_0}{g}\sqrt{n-1} = 2{,}0$ s.

1.4.31. $E_p = E_0\sin^2\alpha = 10$ J, $E_c = E_0\cos^2\alpha = 30$ J.

1.4.32. $E_p = E_c\,\mathrm{tg}^2\alpha = 15$ J.

1.4.33. $mv_0^2/2 = mv^2/2 + mgh$, $v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = 10$ m/s, $\sin\alpha_0 > \sqrt{2gh}/v_0$, $\alpha_0 > 48°30'$.

1.4.34. $E_c = mgh + \frac{1}{2}\,mv_0^2$.

1.4.35. $L = mbg/2\,\sin 2\alpha_0 = 9{,}8$ J.

1.4.36. $mv^2/2 = mgh$, $v = \omega R$, $n = \frac{1}{\pi D}\sqrt{2gh} = 13$ rot/s.

1.4.37. $-\Delta E_c = m(gl\,\sin\alpha - v^2/2) = 1{,}2$ kJ.

1.4.38. $P = 2\,mgv(h_1 - h_2)\,/\,l = 200$ kW.

1.4.39. $E_c = mgh$, $v = \sqrt{2gh}$.

1.4.40. $p = \mathrm{tg}\,\alpha \approx \alpha \cong P/mgv + \mu = 0{,}05 = 5\%$ ($\sin\alpha\approx\alpha$, $\cos\alpha\approx 1$).

1.4.41. $F = 2\,vmg\sin\alpha \cong 2\,vmgp = 14{,}7$ kW.

1.4.42. $mv_0^2/2 = mgh + \mu\,mg\cos\alpha\cdot h/\sin\alpha = mgh\,(1 + \mu/p)$,

$$h = \frac{v_0^2}{2g\left(1 + \frac{\mu}{p}\right)} = 2{,}7 \text{ m.}$$

1.4.43. $\mu = \frac{n+1}{n-1}\,\mathrm{tg}\,\alpha = 0{,}26$.

1.4.44. $(-F_r \mp mg\sin\alpha)d = -mv_0^2/2$, $d \cong \frac{mv_0^2}{2(F_r \mp mgp)} = 40$ m; 200 m.

1.4.45. $\eta = \frac{\sin\alpha\cos\varphi}{\sin(\alpha+\varphi)} = 68\%$.

1.4.46. $v_0 = 2\cos\alpha\,\frac{v_1 v_2}{v_1+v_2} \cong 2\,\frac{v_1 v_2}{v_1+v_2} = 4{,}8$ m/s.

1.4.47. $v = \sqrt{2gh(1 - \frac{1}{2}\mu ctg\alpha)} = 14$ m/s.

1.4.48. $L = mgh\left(1 + \frac{\mu_1 + \mu_2}{2} ctg\,\alpha\right) = 4{,}5$ kJ.

1.4.49. $\Delta E = -\frac{1}{2} mg(h_1 - h_2) = -98$ MJ.

1.4.50. $T = mg(3\cos\theta - 2\cos\alpha)$, $T_{max} = mg(3 - 2\cos\alpha)$.
$\alpha = 60°$, $T_{max} = 2mg$; $\alpha = 90°$, $T_{max} = 3mg$.

1.4.51. $T_{max}/T_{min} = 3/\cos\alpha - 2 = 4$.

1.4.52. $\cos\alpha = (3 - n)/2$, $\alpha = 60°$.

1.4.53. $h = lT/2mg - l/2 = 0{,}52$ m.

1.4.54. $h = Tl/2mg - 3l/2 = 8{,}5$ m.

1.4.55. $T_{max} = mg(3 - 2\cos\alpha + v^2/lg) = 8{,}0$ N.

1.4.56. $F = 5mg = 2{,}94$ kN.

1.4.57. În punctul superior $mg = mv_1^2/R$, în punctul inferior $T_r = mg + mv_2^2/R$, unde $v_2^2 = v_1^2 + 2g \cdot 2R$, de unde $T_r = 6mg$.

1.4.58. $h = 5R/2 = 1{,}00$ m, $L = mg(H - 5R/2) = 0{,}49$ J.

1.4.59. $v_0 = \sqrt{2gl}$, respectiv $v_0 = 2\sqrt{gl}$.

1.4.60. $v \geqslant \sqrt{5gl} = 7{,}0$ m/s.

1.4.61. $2\sqrt{gl}\left(\sin\frac{\alpha}{2} - \frac{\pi}{4\sin\alpha/2}\right) = -2{,}3$ m/s (în jos).

1.4.62. *a)* $v = \sqrt{gl/2} = 3{,}13$ m/s; *b)* $v = \sqrt{gl} = 4{,}43$ m/s; *c)* m.

1.4.63. $F = P\sqrt{2m/R\Delta N} = 2{,}5$ kN.

1.4.64. $h = l + \frac{v_0^2 - 2gl}{3g} = 1{,}56$ m, $v = \sqrt{\frac{1}{3}(v_0^2 - 2gl)} = 2{,}34$ m/s.

1.4.65. $v_2 = r_2\sqrt{2g\frac{m_2 r_2 - m_1 r_1}{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2}} = 2{,}7$ m/s.

1.4.66. $\omega = 2\sin\frac{\alpha}{2}\sqrt{\frac{g(m_1 + 2m_2)}{l(m_1 + 4m_2)}} = 4$ rad/s.

1.4.67. $\omega = 2\sin\frac{\alpha}{2}\sqrt{g\frac{R - r}{R^2 + r^2}} = 4{,}45$ rad/s.

1.4.68. $v = \sqrt{2gl}\sqrt{\frac{|1 - 2f|}{1 - 2f + 2f^2}}(1 - f) = 2{,}1$ m/s.

1.4.69. $N_x = mg\cos\alpha\,(3\sin\alpha - 2)$.

1.4.70. $\sigma = P/Sv = 2{,}0 \cdot 10^8$ N/m².

1.4.71. $R/mg = \sqrt{1 + v^2/gd} = 1{,}8$.

1.4.72. $L = (F_1 + F_2/2)x_2 = 2$ J.

1.4.73. De 3 ori.

1.4.74. $E_{p1}/E_{p2} = k_2/k_1 = 2$.

1.4.75. $L_2 = L_1(m_2/m_1)^2 = 40$ J.

1.4.76. $L = \frac{1}{2}F \cdot \frac{\Delta l'}{\Delta l} \cdot \Delta l' = 800$ N.

1.4.77. $w = \frac{1}{2}E\varepsilon^2 = \frac{1}{2}\sigma\varepsilon = \frac{1}{2}\frac{\sigma^2}{E}$.

1.4.78. $x_{max} = x + \sqrt{x^2 + 2hx} = 20$ cm.

1.4.79. $T_{max} = mg + v\sqrt{km} = 3{,}2 \cdot 10^5$ N.

1.4.80. $k = 2mg(l + x)/x^2 = 30$ N/m.

1.4.81. $v = x\sqrt{F_0/mx_0} = 15$ m/s.

1.4.82. $x_2^3(h_1 + x_1) - x_2 h_1^2 - h_2 x_1^2 = 0$ sau $x_2 \approx x_1\sqrt{h_2/h_1} \approx 1{,}4$ cm.

1.4.83. $\cos\alpha = \frac{kl(3mg - F) + F(3mg - 2F)}{2\,klmg} = 0{,}35$; $\alpha = 69°30'$.

1.4.84. Firul se rupe la un unghi θ_r față de verticală: $\cos\theta_r = T/3\,mg$, $\theta_r = 60°$; $d = (h - l\cos\theta_r)\,ctg\,\theta_r - l\sin\theta_r = 0$.

1.4.85. $h = x(mg/F + F/2mg - 1) = 2{,}5$ cm.

1.4.86. $s = (mv^2 - 4kx^2)/2fmg = 60$ m.

[illegible]

1.5.1. Va indica mai puțin ; mai mult.

1.5.2. Cînd ridică piciorul pentru a face pasul, cîntarul va arăta mai mult, iar cînd coboară piciorul, va arăta mai puțin.

1.5.3. Arată mai mult cînd omul ridică piciorul și mai puțin cînd îl coboară (conservarea impulsului total).

1.5.4. În ambele etape ale ciocnirii forța de reacțiune normală a peretelui are aceeași direcție și sens: $\vec{F}\Delta t = \Delta(m\vec{v}) \neq 0$, în timp ce pentru lucrul mecanic avem întîi o comprimare și apoi o decomprimare care dau lucruri mecanice egale în modul dar de sensuri opuse: $\vec{F}\Delta\vec{r} + \vec{F}(-\Delta\vec{r}) = 0$.

1.5.5. Practic apasă la fel (înălțimea fiind mică).

1.5.6. *a)* $$y_{cm} = \frac{bd \cdot \frac{d}{2} + d(h - d) \cdot \frac{h + d}{2}}{bd + d(h - d)},$$

b) $$y_{cm} = \frac{bd \cdot \frac{d}{2} + 2d(h - d) \cdot \frac{h + d}{2}}{bd + 2d(h - d)}.$$

1.5.7. $a = g\left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}\right)^2 = 1{,}03$ m/s².

1.5.8. $m_{1,2} = (v_1 + v_2)^2 v_{2,1}\,T/2\pi K = 3{,}7 \cdot 10^{29}$ kg, respectiv $1{,}85 \cdot 10^{29}$ kg, $r = \frac{T}{2\pi}(v_1 + v_2) = 4{,}1 \cdot 10^7$ km.

1.5.9. Lănțișorul are CM mai coborît, căci, trăgînd în jos de un inel ales corespunzător, putem suprapune lănțișorul peste cele două tije, efectuînd însă lucru mecanic împotriva forței de greutate a lănțișorului (pe care îl ridicăm astfel).

1.5.10. $v_{cm} = \dfrac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} = 3{,}0$ m/s.

1.5.11. $x = \dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + M}\, d = 0{,}30$ m.

1.5.12. $T = \dfrac{m_1m_2}{m_1 + m_2} \cdot 4\pi^2n^2l = 38{,}1$ N

1.5.13. $x = \dfrac{m_1n}{m_1 + m_2 + M} = 0{,}40$ m.

1.5.14. $F_m = \Delta p/\Delta t = mv/\Delta t = 0{,}50$ MN, $p_m = F_m/S = 10$ MN/m^2 $\cong$ $\cong 100$ atm!

1.5.15. Timpurile de șoc cresc, scad forțele și accelerațiile, deci se reduc *variațiile accelerației*, care sînt supărătoare.

1.5.16. $a \cong \rho Qv/m = 5$ m/s^2.

1.5.17. $F_r = v'Q$, unde v' = viteza gazelor față de avion, $F_r = 4{,}0$ kN.

1.5.18. Forța reactivă este proporțională cu debitul *masic* al gazelor ejectate, care scade odată cu densitatea, volumul camerelor de ardere fiind constant.

1.5.19. $v_k = v_{k-1} + \dfrac{m_rv_r}{m_0 - km_r}$, de unde $v_n = v_0 + m_rv_r\left(\dfrac{1}{m_0 - m_r} + \dfrac{1}{m_0 - 2m_r} + \dots + \dfrac{1}{m_0 - nm_r}\right)$. Deoarece $nm_r/m_0 \ll 1$, avem aproximativ:

$$v_n \cong v_0 + \frac{nm_rv_r}{m_0 - \dfrac{n+1}{2}m_r} \cong v_0 + \frac{nm_rv_r}{m_0} = 6 \text{ m/s.}$$

1.5.20. $\vec{F}\,\Delta t = -\vec{F'}\,\Delta t$ în timp ce deplasările produse de $\vec{F}$, $\vec{F'}$ sînt total diferite: $\vec{F}\,\Delta\vec{r} \neq -\vec{F'}\,\Delta\vec{r'}$; $|\Delta\vec{r'}| \ll |\Delta\vec{r}|$.

1.5.21. Se va ține seama că $v_r^2 = \vec{v}_r^{\,2} = (\vec{v}_1 - \vec{v}_2)^2 = v_1^2 - 2\vec{v}_1\vec{v}_2 + v_2^2$

1.5.22. Cînd masele celor două bile sînt egale.

1.5.23. $P = \dfrac{1}{2}\, Sv_m\rho(v_0^2 - v'^2) = \dfrac{1}{2}\, S\,\dfrac{v_0 + v'}{2}\,\rho(v_0^2 - v'^2) = 2{,}88$ kW.

1.5.24. $F = \Delta p/\Delta t = Sv\rho(v-u)$, $P = Fu = Sv\rho(v-u)$ este maxim pentru $v-u = u$, deci $u = v/2$, $n = \dfrac{1}{2\pi}\,\dfrac{v}{2R} = 0{,}64$ rot/s.

1.5.25. $p = (2 - f)mn(v \pm u)^2 = 29{,}4$ kN/m^2, respectiv 15 kN/m^2.

1.5.26. $F = mgh/l = 3{,}5$ kN.

1.5.27. $x = \dfrac{l}{v_1}\,\dfrac{m_1v_1 - m_2v_2}{m_1 + m_2 + M} = 0{,}67$ m.

1.5.28. $v_0 \geqslant \sqrt{2\mu gl(1 + m_0/m)} = 2{,}08$ m/s.

1.5.29. $v = F_0\tau/2m = 1{,}0$ m/s.

1.5.30. $v' = \dfrac{Mv_0 \pm mv}{M + m} = 2{,}7$ m/s sau $-1{,}5$ m/s.

1.5.31. $v' = v_0 \mp \dfrac{u}{n + 1} = 1{,}0$ m/s sau 3,0 m/s.

1.5.32. $m_2 = \dfrac{m(v + v_2')}{v - v_2'} = 100$ kg.

1.5.33. $L = \dfrac{mv^2}{2}\left(1 + \dfrac{m}{M}\right) = 13{,}2$ J, $\mu = \dfrac{m^2v_0^2}{2M^2gd} = 0{,}020$.

1.5.34. $Q = \dfrac{1}{2}\,mv^2\left(1 - \dfrac{1}{n^2}\right) = 0{,}75$ J, $p = mv\left(1 + \dfrac{1}{n}\right) = 1{,}5$ N·s.

1.5.35. $t = \dfrac{1 + k + f}{1 - k}\sqrt{\dfrac{2h}{g}} = 7{,}0$ s, $Q = mgh = 0{,}535$ J.

1.5.36. $d = \dfrac{mv_0^2}{2\mu g(m + m_0)} = 13{,}4$ m.

1.5.37. $\Delta P = qv_0^2 = 40$ kW.

1.5.38. $v_1 = v - F_0\tau/2m = 8{,}0$ m/s; $v_2 = F_0\tau/2M = 1{,}0$ m/s;

$$-\Delta E_c = \frac{1}{2}\,vF_0\tau - \frac{1}{4}\,F_0^2\tau^2\,\frac{M + m}{Mm} = 14 \text{ J.}$$

1.5.39. $m_2/m_1 = 3$.

1.5.40. $m_2/m_1 = 1 + 2/n = 1{,}5$.

1.5.41. $v = \sqrt{2g\Delta h} = 9{,}8$ m/s.

1.5.42. $v_1 = v\sqrt{\dfrac{m_2m_3}{m_1(m_1 + m_3)}}$, $v_2 = v\sqrt{\dfrac{m_1m_2}{m_3(m_3 + m_1)}}$.

1.5.43. $h_0 = \dfrac{1}{2g}\left(v_0 - \dfrac{m}{m_0}\sqrt{2gh}\right)^2 = 500$ m.

1.5.44. $v'' = \dfrac{1}{1 - f}\sqrt{f^2(v'^2 - v_0^2) + v_0^2} = 13{,}24$ m/s;

$$t = \frac{1}{g}\left[\frac{1}{1 - f}\sqrt{v'^2 - v_0^2} + v'' - v'\right] = 1{,}5 \text{ s.}$$

1.5.45. $d = \dfrac{F\tau}{m}\sqrt{\dfrac{2h}{g}} = 1{,}0$ m.

1.5.46. $v_0 = (n + 1)d\sqrt{g/2h} = 14$ m/s.

1.5.47. $x = \dfrac{1}{g}\,v_0^2 \sin 2\alpha - d = 0{,}41$ m.

1.5.48. $v_{min} = \sqrt{Mgl/(M + m)} = 1{,}57$ m/s.

1.5.49. Timpul t se compune din timpul t_1 cît fuge și timpul t_2 cît se opintește ca să facă săritura. În primul timp asupra lui poate acționa pe orizontală forța maximă μmg (înainte!), iar în al doilea timp se adaugă o forță normală de apăsare N. Teorema impulsului dă:

$$\mu mg t_1 + \mu N t_2 = m v_x; \quad (N - mg)t_2 = m v_y.$$

Dar $t_1 + t_2 = t$, de unde $v_x = \mu g t + \mu v_y$. Componenta v_y și timpul de zbor t_s rezultă din înălțimea maximă: $v_y = \sqrt{2gh}$ și $t_s = 2\sqrt{2h/g}$, deci $v_x = \mu(gt + \sqrt{2gh})$ și $x_m = t_s v_x = 2\mu\sqrt{\frac{2h}{g}}(gt + \sqrt{2gh}) = 2\mu(\sqrt{2gh}\cdot t + 2h) = 10$ m.

1.5.50. $x = \frac{m_0}{m} v_0 \cdot \frac{v\sin\alpha}{g} = 0{,}14$ m.

1.5.51. $b = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2gh}{v_0^2\sin^2\alpha}}\right) = 6{,}07$ m.

1.5.52. $d + d_m = \frac{v_0^2}{2g}\sin 2\alpha$, $\alpha = 45°$.

1.5.53. $d = \frac{2v_0^2 \sin\alpha}{g}\sqrt{\cos^2\alpha - f} = 1{,}96$ m.

1.5.54. $v' = \frac{1}{n+1}\sqrt{v_0^2 + 2g(H - h)n^2 - 2gh(n+1)^2} = 13$ m/s.

1.5.55. $\sin\frac{\alpha_1'}{2} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\cdot\sin\frac{\alpha_1}{2}$, $\alpha_1' = 19°$, $\sin\frac{\alpha_2'}{2} = \frac{2m_1}{m_1+m_2}\sqrt{\frac{l_1}{l_2}}\cdot\sin\frac{\alpha_1}{2}$, $\alpha_2' = 37°$; $\sin\frac{\alpha'}{2} = \frac{m_1}{m_1+m_2}\sqrt{\frac{l_1}{l}}$ [illegible] $\sin\frac{\alpha_1}{2}$, $\alpha' = 23°$.

1.5.56. $\cos\alpha = \frac{4m_1m_2}{(m_1+m_2)^2}$, $\alpha = 41°30'$.

1.5.57. $h = l\cos\alpha\cos^2 2\alpha = 17{,}3$ cm.

1.5.58. $f = \frac{1}{1 + m/m_0} \cong m_0/m = 0{,}01 = 1\%$.

1.5.59. $v_0 = \sqrt{2gh}\cdot m/m_0 = 400$ m/s.

1.5.60. $v = 2\frac{m + m_0}{m_0}\sqrt{gl}\cdot\sin\frac{\alpha}{2} = 400$ m/s.

1.5.61. $v = \frac{2\sqrt{gl}}{m_1}\left(m_2\sin\frac{\alpha}{2} \pm (m_1+m_2)\sin\frac{\alpha'}{2}\right) = 270$ m/s sau 80 m/s.

1.5.62. $v_1 = 2\frac{m_2}{m_1}\sin\frac{\alpha}{2}\sqrt{gl} = 24{,}4$ m/s, $L = \frac{1}{2}m_1v_1^2\left(1 + \frac{m_1}{m}\right) = 616$ J.

1.5.63. $H = h + l(1 - \cos^3\alpha) = 46$ cm.

1.5.64. $v' = \frac{m}{m+M}(n - \sqrt{n^2-1})v_0 = 1{,}06$ m/s, v' este maxim pentru $n = 1$.

1.5.65. $x = \frac{g}{\omega^2}\,\mathrm{tg}\,\alpha = 9{,}8$ cm.

1.5.66. $u \leq ml\cos\alpha/Ms = 1{,}8\cdot 10^{-3}$ (egalitatea are loc pentru ciocnirea perfect elastică).

1.5.67. $\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{R}{l}\,\frac{M+m}{m}$, $\alpha = 45°$.

1.5.68. $v' = \sqrt{v^2\left(\frac{R-h}{R}\right)^2 - 2gh} = 8{,}9$ m/s, $v_{min} = \frac{R}{R-h}\sqrt{2gh} = 1{,}56$ m/s.

1.5.69. $d = \pi l^2/16h = 0{,}40$ m.

1.5.70. $v_1' = v_1\frac{m_1}{m_1+m_2}\sqrt{1 + m_2(m_1+m_2)/m_1^2} = 8{,}7$ m/s;

$$v_2' = v_1\frac{m_1}{m_1+m_2} = 4{,}0\ \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

1.5.71. $v' = \sqrt{2gd(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + \frac{m_0}{m}u\sin\alpha = 7{,}0$ m/s.

1.5.72. $u = \frac{M}{m\cos\alpha}\sqrt{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)s} = 310$ m/s!!

1.5.73. $h' = \left(\frac{m_2}{m_1} - \frac{m_1}{m_2}\right)^2 h = 10$ cm.

1.5.74. $d = l(1/\mu - \mathrm{ctg}\,\alpha)(\cos\alpha - \mu\sin\alpha)^2 = 0{,}25$ m.

1.5.75. La baza planului înclinat.

1.5.76. $l = h\frac{\mathrm{tg}\,\alpha - \mu}{\mathrm{tg}\,\alpha + \mu} = h\frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\sin(\alpha+\varphi)} = 6{,}5$ m,

$$t = \frac{2\sqrt{h\sin\alpha/g}}{\left(1 + \sqrt{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}\right)\sqrt{\sin^2\alpha - \mu^2\cos^2\alpha}} = 10{,}\ldots\ \text{s.}$$

1.5.77. $H = h + l\sin^2\alpha = 22$ cm.

1.5.78. $v_1' = v_1\sqrt{1 - m_1/m_2} = 9{,}0$ m/s. $v_2' = v_1m_1/m_2 = 2{,}0$ m/s.

1.5.79. $h = \frac{v^2}{2g}\,\frac{M}{m}\left(\frac{M}{m} - 1\right) = 3{,}9$ m.

1.5.80. $h_{max} = (H - h)\cos^2 2\alpha = 1{,}0$ m.

1.5.81. $l = 8h\sin\alpha = 4{,}0$ m.

1.5.82. $\cos\alpha = \sqrt{2/3}$, $\alpha = 35°$ sau $\cos\alpha = \sqrt{2/5}$, $\alpha = 50°40'$.

1.5.83. $\mathrm{tg}\,\alpha' = \frac{v_1\sin\alpha}{v_1\cos\alpha + 2v_2\cos\alpha} = 0{,}634$, $\alpha' = 32°$;

$$u' = \sqrt{v_1^2 + 4v_2^2\cos^2\beta + 4v_1v_2\cos\alpha\cos\beta} = 3{,}03\ \text{m/s}.$$

1.6.1. $F = G/2 = 1,0$ kN.

1.6.2. Cel inferior.

1.6.3. Lada din dreapta.

1.6.4. $N = 2\pi RF/h = 1,26$ kN.

1.6.5. $G_1 d_1 = G_2 d_2$; deoarece $d_1 \neq d_2$, rezultă $G_1 \neq G_2$.

1.6.6. Întîi urcăm pe platforma cîntarului cu roțile din față, apoi cu cele din spate și adunăm rezultatele citite.

1.6.7. Se rotește în jurul CM.

1.6.8. $\text{tg}\,\alpha = a/b + 1/\mu$, $\alpha = 71°30'$.

1.6.9. $R = m\sqrt{g^2 + (4\pi^2 n^2 l \sin\alpha)^2} = 1,39$ N; $\text{tg}\,\beta = \dfrac{4\pi^2 n^2 l \sin\alpha}{mg}$,

$\beta = 45°$, $M = ml \sin\alpha\,(4\pi^2 n^2 l \cos\alpha - g) = 0,19$ N·m,

$T = 2\pi\sqrt{l\cos\alpha/g} = 1,32$ s (pendulul conic).

1.6.10. $v = \sqrt{\dfrac{gRd}{2h}} = 30$ m/s $= 110$ km/h (este necesar $\mu \geqslant v^2/gR$).

1.6.11. $F = \dfrac{1}{2}\, mg\sqrt{4 + \text{ctg}^2\,\alpha} = 44$ N; $\text{tg}\,\beta = 2\,\text{tg}\,\alpha$, $\beta = 63°30'$.

1.6.12. $F = mg\,\dfrac{\sqrt{h(2R-h)}}{R-h} = 73,5$ N.

1.6.13. $T = \dfrac{1}{4}\, mg\,\text{ctg}\,\alpha = 85$ N.

1.6.14. $h = l\mu\,\dfrac{(\mu + \text{tg}\,\alpha)\sin\alpha}{\mu^2 + 1} = 0,96$ m.

1.6.15. $\cos\theta = \dfrac{g}{\omega^2}\,\dfrac{m_1 d_1 + m_2 d_2}{m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2} = \dfrac{1}{2}$, $\theta = 60°$.

1.6.16. $F = \dfrac{4 m_1 m_2 g}{m_1 + m_2} = 29,4$ N.

1.6.17. $F_{min} = 0,43\,\mu mg$, $x = 0,7\,l$.

1.6.18. $k = C/R^2$.

1.6.19. $L = MvR = 2,8\cdot 10^{34}$ J·s (Lună); $2,7\cdot 10^{40}$ J·s (Pămînt).

1.6.20. $v_p/v_a = r_{max}/r_{min} = 2$ (conservarea momentului cinetic).

1.6.21. $M = -mgv_0 t\cos\alpha_0$, $L = -\dfrac{1}{2}\, mgt^2 v_0 \cos\alpha$; $M = \mathrm{d}L/\mathrm{d}t$.

Capitolul 7. CINEMATICA ȘI DINAMICA RIGIDULUI

1.7.1. Șaua — repaus față de cadru; diferitele puncte ale lanțului — mișcare curbilinie; porțiuni intermediare ale lanțului între roți — mișcare rectilinie; pedala — mișcare de rotație; spițele roții — mișcare de rotație.

1.7.2. Cînd nu alunecă față de sol punctele au aceeași viteză periferică. Cînd se deplasează, roțile din spate se învîrtesc de mai puține ori decît cele din față. Punctele situate chiar în centrul roților nu se deplasează față de tractor.

1.7.3. Luna are și o mișcare de rotație în jurul axei sale, mișcare ce are aceeași perioadă cu mișcarea de revoluție.

1.7.4. Uniform accelerată și uniform încetinită (mișcări circulare).

1.7.5. Lichidul este supus forței centrifuge de inerție care îl împinge spre părțile periferice ale piesei și în masa piesei nu vor mai rămîne bule de aer.

1.7.6. Dacă s-ar roti mai repede ar crește forța centrifugă de inerție. La Ecuator F_{ci} este îndreptată în sens contrar forței de greutate G. Forța F care determină întinderea dinamometrului este $F = G - F_{ci}$.

1.7.7. Tija este întinsă pentru că asupra sa acționează G și F_{ci}. Cînd tija este înclinată ea este întinsă cu o forță mai mică decît greutatea. Cînd ajunge în poziții extreme viteza ei este nulă și F_{ci} este 0.

1.7.8. Dacă ar face virajul brusc, forța de inerție ar produce o rotire a vehiculului în jurul unei axe verticale, azvîrlind roțile din spate în afara curbei.

1.7.9. La oul fiert coaja și conținutul său sînt solidare, energia cinetică în acest caz este mai mare decît energia cinetică a oului nefiert la care se pune în mișcare doar coaja (straturile interioare se rotesc cu ω mult mai mici). Energia cinetică de rotație la oul fiert fiind mai mare face posibilă efectuarea mai multor rotații.

1.7.10. Conservarea momentului cinetic $\vec{L} = I\vec{\omega}$; I = momentul de inerție.

1.7.11. Momentul cinetic de rotație este constant; odată cu înfășurarea sforii sau lanțului porțiunea care se rotește devine mai scurtă (R scade), scade momentul de inerție iar viteza unghiulară crește ($I\omega$ = constant).

1.7.12. $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$; $I_2 < I_1$ viteza unghiulară crește.

$E_{c_2 rot} = (1/2)\, I_2\omega_2^2$ devine mai mare pentru că ω_2 a crescut; $E_{c_2 rot} = \dfrac{1}{2}\, I_2\omega_2\omega_2 = \dfrac{1}{2}\, I_1\omega_1\omega_2 = \dfrac{E_{c_1}}{\omega_1}\cdot\omega_2$, dar $\omega_2 > \omega_1$; $E_{c_2} = E_{c_1}\dfrac{I_1}{I_2}$. Este posibil, pentru că patinatorul efectuează lucru mecanic împotriva forței centrifuge de inerție.

1.7.13. Energia primită de minge, E_c, se împarte în două: o parte pentru punerea în mișcare de rotație (E_{rot}), cealaltă parte pentru punerea în mișcare de translație (E_{tr}); $E_c = E_{rot} + E_{tr}$. În cazul de față $E_{rot} > E_{tr}$.

1.7.14. Conservarea momentului cinetic.

1.7.15. Vezi figura 1.7.15. R. *a*) $R = 0,375$ m; *b*) $\omega = 3,2$ rad/s; $a_{nM} = 3,84$ m/s²; $a_{nN} = 1,28$ m/s².

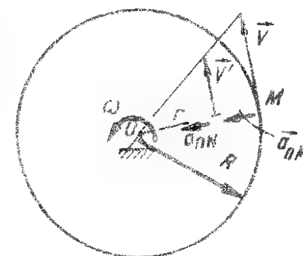


Fig. 1.7.15. R

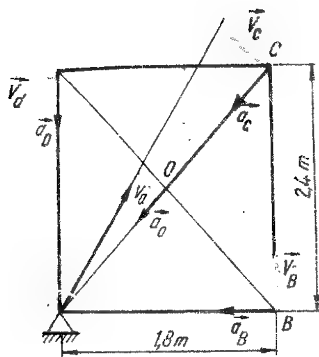


Fig. 1.7.16, R

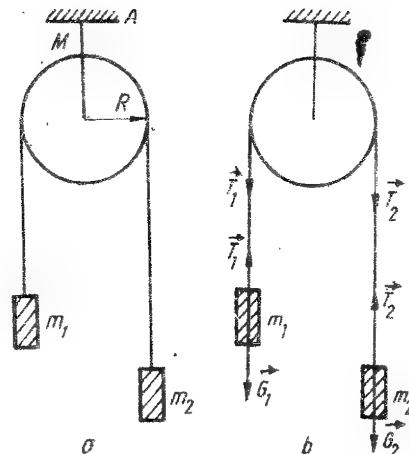


Fig. 1.7.17, R

1.7.16. Vezi figura 1.7.16, R. $\omega = 6{,}28$ rad/s; $v_B = 11{,}3$ m/s; $v_C = 18{,}84$ m/s; $v_0 = 9{,}24$ m/s; $v_D = 15{,}07$ m/s; $a_B = 71$ m/s^2; $a_C = 118{,}32$ m/s^2; $a_D = 94{,}72$ m/s^2; $a_0 = 59{,}16$ m/s^2.

1.7.17. Vezi figura 1.7.17, R. *a)* $a = \dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + \frac{1}{2}M}\, g$; *b)* $\varepsilon = \dfrac{a}{R}$;

c) $T_1 = m_1(a+g)$; $T_2 = m_2(g-a)$; $T_3 = g\dfrac{4m_1m_2 + \frac{3}{2}(m_1+m_2)M + \frac{M^2}{2}}{m_1 + m_2 + \frac{M}{2}}$.

1.7.18. $\varepsilon = -5{,}24$ s^{-2}; $n = 375$ rotaţii.

1.7.19. $t = 10$ s.

1.7.20. $M = 4{,}5$ kg.

1.7.21. $I = 1{,}081 \cdot 10^{-4}$ kg $\cdot$ m^2.

1.7.22. *a)* $a = \dfrac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + \frac{I}{r^2}}\, g$; *b)* $T_1 = \dfrac{\left(2m_1m_2 + m_1\frac{I}{r^2}\right)g}{m_1 + m_2 + \frac{I}{r^2}}$;

$$T_2 = \frac{\left(2m_1m_2 + m_2 \cdot \frac{I}{r^2}\right)g}{m_1 + m_2 + \frac{I}{r^2}}; \quad F = T_1 + T_2 + Mg.$$

1.7.23. *a)* $v = \sqrt{\frac{4}{3}gh}$; $\omega = \dfrac{v}{R}$; *b)* $F_f = (1/3)mg\sin\alpha$; *c)* $\mu \geqslant (1/3)\,\mathrm{tg}\,\alpha$.

1.7.24. *a)* $L = 7{,}11$ kJ, *b)* $L' = 28{,}4$ kJ.

1.7.25. *a)* $\omega_1 = 13{,}4$ rad/s; *b)* $\omega_2 = 25$ rad/s;
$\omega_1' = 13$ rad/s, $\omega_2' = 24{,}4$ rad/s.

1.7.26. *a)* $t = 4$ s; *b)* $\dfrac{M}{m} = 18$.

1.7.27. Se foloseşte legea conservării momentului cinetic. *a)* $\omega = \dfrac{\omega_1 + \omega_2}{2}$; $\Delta E_c = \dfrac{I}{4}(\omega_1 - \omega_2)^2$; *b)* $v = \dfrac{v_1 + v_2}{2}$; $\Delta E_c = \dfrac{m}{4}(v_1^2 - v_2^2)$.

1.7.28. Din $E_{c_{rot}} = \dfrac{2}{3}E_{c_{tr}}$ avem: $\omega = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{3I}} = 7 \cdot 10^{12}$ s^{-1}.

1.7.29. $L = E_{c_{rot}} + E_{c_{tr}}$; $\Delta E_c = L = Mv^2 = 1{,}5$ J.

1.7.30. *a)* $E_{c_{rot}} = (I/2)\omega^2 = 2{,}59 \cdot 10^{29}$ J. *b)* $P = 3{,}5 \cdot 10^{12}$ W; $t = E_{c_{rot}}/P = 7{,}4 \cdot 10^{16}$ s $= 8{,}56 \cdot 10^{11}$ zile $= 2{,}345 \cdot 10^{9}$ ani.

1.7.31. $P = M\omega$ (analog $P = Fv$, la mişcarea de translaţie); $M = 2\,487{,}7$ N $\cdot$ m.

1.8.1. Cînd unghiul α creşte (prin scurtarea sforii sau prin ridicarea mîinii) componenta F_1 a forţei F este mai mică (fig. 1.8.1, R).

1.8.2. Forţele sînt mai mari cînd sfoara este mai scurtă (fig. 1.8.2, R)

$$\frac{G}{2} = F\cos\frac{\alpha}{2}.$$

1.8.3. *a)* Momentul forţei exercitate de picior este mai mare deoarece şi braţul forţei este mai mare. *b)* Dacă braţul pedalei este în prelungirea forţei exercitate de picior, braţul forţei fiind nul şi momentul este nul.

1.8.4. Pentru a desface şurubul se aplică un cuplu de forţe asupra mînerului. Momentul cuplului este mai mare în cazul şurubelniţei cu mîner mai gros (braţul cuplului fiind mai mare). Se poate învinge o forţă rezistentă mai mare la suprafaţa de contact a şurubului cu materialul.

1.8.5. Centrul de greutate se va deplasa de la mijlocul creionului spre celălalt capăt cu 2,5 cm.

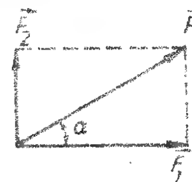


Fig. 1.8.1, R

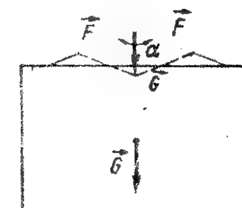


Fig. 1.8.2, R

1.8.6. Pentru că baza de susținere are o arie foarte mică și pentru că ne și mișcăm.

1.8.7. Cele de bumbac avînd densitatea mai mică vor ocupa un volum mai mare decît sacii cu grîu. Centrul de greutate al camionului încărcat cu bumbac va fi situat mai departe de baza de susținere, deci va avea o stabilitate mai mică.

1.8.8. Aplecîndu-se în față, verticala dusă din centrul de greutate cade în interiorul bazei de susținere.

1.8.9. Accelerațiile nu depind de mase, deci cele două corpuri ajung simultan.

1.8.10. $R = 18{,}33$ N.

1.8.11. $R = 0$.

1.8.12. $\beta = 55°46'$ (fig. 1.8.12, R).

1.8.13. *a)* $G_n = 173$ N, $G_t = 100$ N; *b)* $\alpha' = 26°34'$.

1.8.14. *a)* $G = \dfrac{F_1F_2}{\sqrt{F_2^2 - F_1^2}} = 3{,}75$ N; *b)* $\alpha = 53°8'$; *c)* $N_1 = 2{,}25$ N, $N_2 = 6{,}25$ N (fig. 1.8.14, R).

1.8.15. $\dfrac{G}{\sin\alpha + \mu\cos\alpha} \leqslant F \leqslant \dfrac{G}{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}$ (fig. 1.8.15, R).

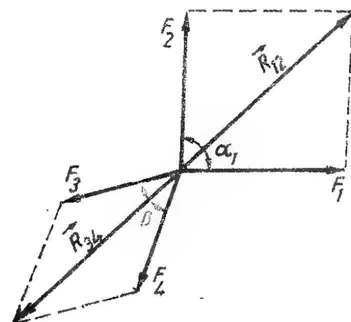
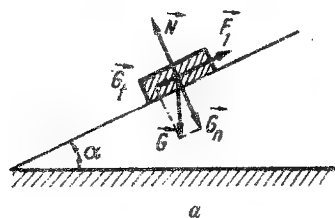


Fig. 1.8.12, R



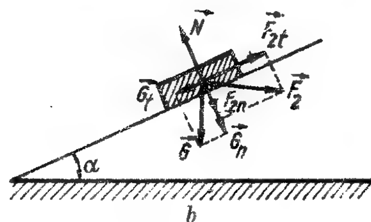


Fig. 1.8.14, a, b, R

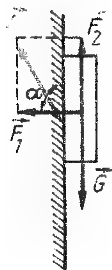


Fig. 1.8.15, R

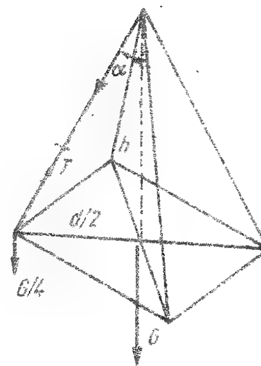


Fig. 1.8.16, R

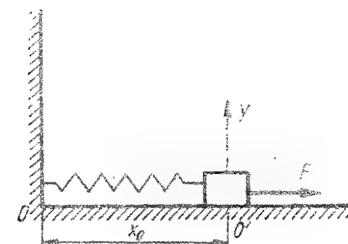


Fig. 1.8.17, R

1.8.16. $T\cos\alpha = \dfrac{G}{4}$ (fig. 1.8.16, *R*).

1.8.17. *a)* $x_1 = \dfrac{F}{K}$, $A = |x_1|$; *b)* $x = x_1$ (fig. 1.8.17, *R*).

1.8.18. $m = 74{,}4 \cdot 10^{-3}$ kg.

1.8.19. $P = 2Q\cos\theta$; $\dfrac{P}{Q} = \dfrac{\sqrt{4a^2 - d^2}}{a}$.

1.8.20. *a)* $Q_{max} = \dfrac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\cos\beta + \mu\sin\beta}G = 439$ N; $Q_{min} = \dfrac{\sin\alpha - \mu\cos\alpha}{\cos\beta - \mu\sin\beta} = 345$ N; *b)* $N_{max} = G\cos\alpha - Q_{min}\sin\beta = 173$ N; *c)* $F_{max} = \mu N_{max} = 46{,}7$ N (fig. 1.8.20, *R*).

1.8.21. Centrul de masă al sistemului trebuie să fie cît mai coborît.

a) $\operatorname{tg}\gamma = \dfrac{m_2\sin\beta}{m_1\sin\alpha\sin(\alpha+\beta)} - \operatorname{ctg}(\alpha+\beta)$; $\gamma = 64°$; *b)* $T = \dfrac{m_1 g\sin\alpha}{\cos\gamma} = 31{,}8$ N.

1.8.22. *a)* $P = G\dfrac{1 - \operatorname{tg}\alpha}{1 + \operatorname{tg}\alpha}$; $T = \dfrac{G}{\sin\alpha + \cos\beta}$; *b)* $T_1 = G\sin\alpha$; $T_2 = G\cos\alpha$ (fig. 1.8.22, *R*).

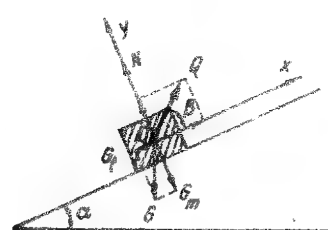


Fig. 1.8.20, R

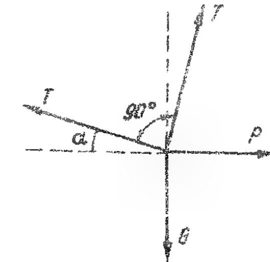


Fig. 1.8.22, R

1.8.23. *a)* $\alpha = 45°$. Discuție: α nu depinde de G, dar $T = G\sqrt{2}$ depinde de G. Dacă $AA' < AB\sqrt{2}$; $\alpha > 45°$. *b)* $\operatorname{tg}\alpha = \frac{G+P}{G} > 1$; $\alpha > 45°$ α depinde de G și P; $T = \frac{G^2}{G^2 + (G+P)^2}$ (fig. 1.8.23, *a*, *b* R).

1.8.24. $\operatorname{tg}\alpha = \frac{P + G\sin^2\theta}{G(1-\cos\theta)}$; $T^2 = 2G(G - G\cos\theta + P) + P^2$; pentru $\theta = \frac{\pi}{2}$ și $P = 0$ avem: $\operatorname{tg}\alpha = 1$; $T = G\sqrt{2}$ (fig. 1.8.24, R).

1.8.25. $F_1 = \frac{mg\sin\beta}{\sin(\alpha+\beta)} = 20$ N; $F_2 = 34$ N.

1.8.26. $2T\cos 60° = P$, $P = T$; $G\frac{1}{4} - T\frac{1}{2} = 0$; $T = \frac{G}{2} = P$ (fig. 1.8.26, *R*).

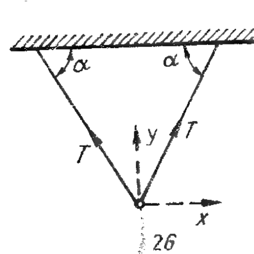
1.8.27. $Fx = G\left(x - \frac{l}{2}\right)$; $F = G\left(1 - \frac{l}{2x}\right)$ dacă $x > \frac{l}{2}$; dacă $x < \frac{l}{2}$ F va acționa în jos.

1.8.28. $P_2 = 0{,}5$ N.

1.8.29. $G = 800$ N.

1.8.30. *a)* $v = \mu gt = 20$ m/s; *b)* $F_1 = 20 \cdot 10^3$N; $F_2 = 40 \cdot 10^3$N.

1.8.31. $F_1 = \frac{G\left(\frac{l}{2} - l_2\right)}{l - l_1 - l_2}$; $F_2 = \frac{G\left(\frac{l}{2} - l_1\right)}{l - l_1 - l_2}$.



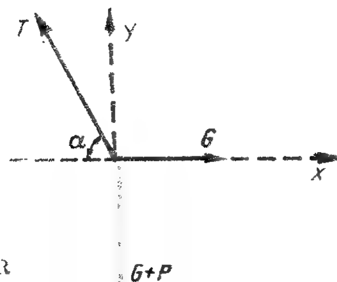


Fig. 1.8.23, *a*, *b*, R

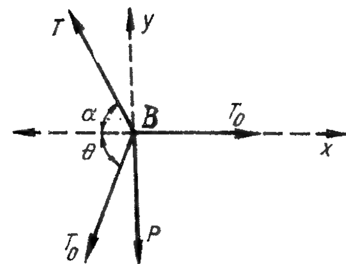


Fig. 1.8.24, R

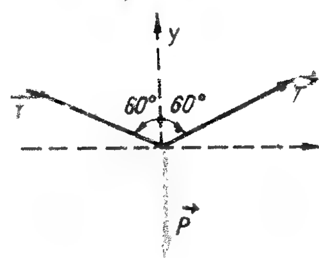


Fig. 1.8.26, R

1.8.32. $F_A = 3$ N; $F_B = 0$ (fig. 1.8.32, R).

1.8.33. *a)* $R_B h - G\frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{2} - G_S\frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{3}$ [illegible] $= 425$ N. *b)* Fie x fracțiunea din lungimea scării pe care se poate urca omul. $R_B h - G\sqrt{l^2 - h^2}x - G_S\frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{3} = 0$; $F_f = R_B$ [illegible] $\mu(G + G_S)$; $x = \frac{395}{600}$; omul poate urca $lx = 3{,}95$ m (fig. 1.8.33, R)

1.8.34. $l_1 = 10$ m; $l_2 = 20$ m.

1.8.35. $R = 30$ N; $l_1 = 125$ cm; $l_2 = 50$ cm.

1.8.36. $G = \sqrt{P_1 P_2} = 36{,}47$ N.

1.8.37. *a)* $x = 1$ m de capătul din stînga; *b)* $F_1 = 950$ N; $F_2 = 1950$ N (fig. 1.8.37, R *a*, *b*).

1.8.38. $\mathcal{M} = \frac{F \cdot l\sin 2\alpha}{2}$; $\alpha' = 45°$.

1.8.39. Notăm cu x_c abscisa centrului de greutate; $x_c = 1{,}1$ m; $x_1 = 0$; $x_2 = 2$ m; $x_3 = 1$ m; $m_3 = 10$ kg (fig. 1.8.39, R).

1.8.40. $x = 0{,}05$ m (fig. 1.8.40, R).

1.8.41. *a)* $x = 0{,}2$ m; *b)* $S_2 = 0{,}06$ *t*; *c)* sistemul fiind izolat echilibrul barei nu se modifică (în timp ce corpurile se află pe bară (fig. 1.8.41, R).

1.8.42. *a)* Notăm cu x_c abscisa centrului de greutate; $x_c = 1{,}2$ cm; $x_1 = 0$; $x_2 = d$; $x_3 = 2d$; $x_4 = 3d$ (fig. 1.8.42, R); *b)* $x_c = 0{,}3$ m; $x_1 = x_4 = 0$; $x_2 = x_3 = d$; $y_c = 0{,}42$ m; $y_1 = y_2 = 0$; $y_3 = y_4 = d$.

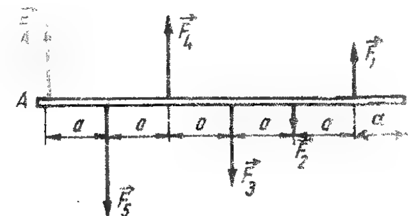


Fig. 1.8.32, R

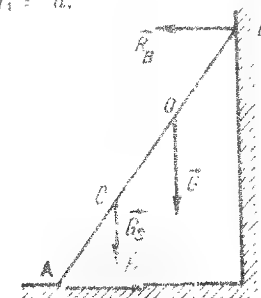
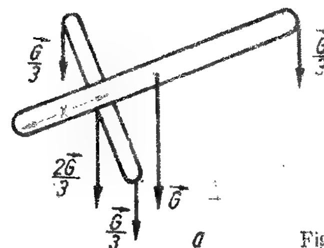


Fig. 1.8.33, R



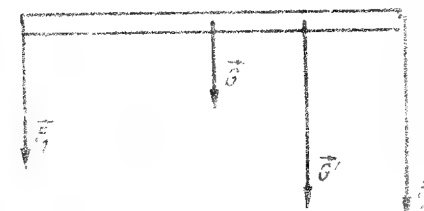


Fig. 1.8.37, R *a*, *b*

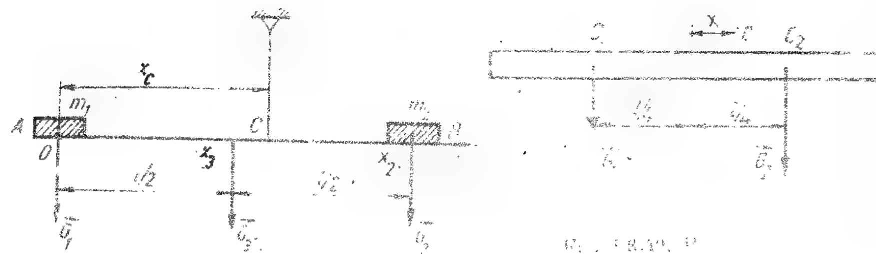


Fig. 1.8.39, R

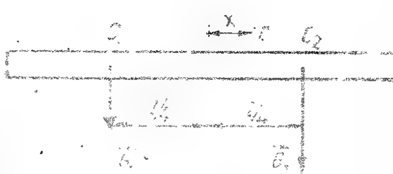


Fig. 1.8.40, R

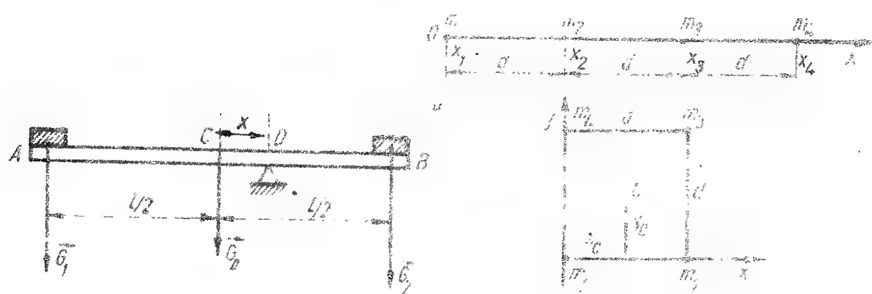


Fig. 1.8.41, R

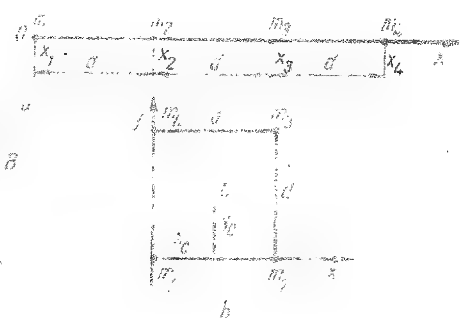


Fig. 1.8.42, R

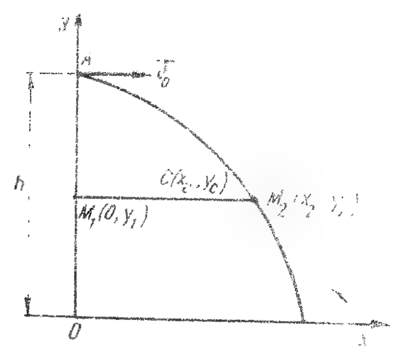


Fig. 1.8.43, R

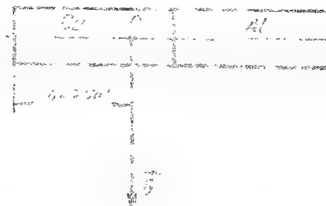


Fig. 1.8.48, R

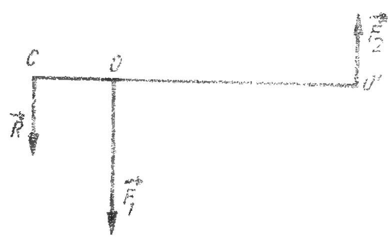


Fig. 1.8.49, R

1.8.43. *a*) $y_1 = y_2 = h - \frac{1}{2}gt^2$; $x_1 = 0$; $x_2 = v_0 t$; $x_c = 40\,t$; $y_c = 1\,280 - 5\,t^2$; *b*) $y_c = 1\,280 - \frac{x_c^2}{320}$ (fig. 1.8.43, R).

1.8.44. *a*) $l_1 = 7$ m și $l_2 = 5$ m; *b*) $l_1' = 4$ m și $l_2' = 8$ m; *c*) $v = 1{,}5$ cm/s.

1.8.45. $OH = \frac{OA}{2} = \frac{a\sqrt{2}}{4}$.

1.8.46. $OO_2 = 16$ cm; $O_1O_2 = 20$ cm.

1.8.47. $x_1 = 1{,}58$ cm; $x_2 = 8{,}42$ cm.

1.8.48. $x_1 = 2{,}29$ cm; $x_2 = 7{,}71$ cm (fig. 1.8.48, R).

1.8.49. $x = \frac{r^2 R}{2(R^2 - r^2)}$ (fig. 1.8.49, R).

1.8.50. $x_c = 2R \sin^3 \frac{\alpha}{2}$ ($\alpha - \sin\alpha \cos\alpha$).

MECANICA FLUIDELOR

Statica fluidelor

1.9.1. Vezi definiția presiunii.

1.9.2. *a*) Cu toate că greutățile lichidelor sînt diferite, presiunea la baza vaselor este aceeași (paradoxul hidrostatic) $p = \rho gh$; pentru cele trei vase, ρ, g, h au aceeași valoare; *b*) $p_1 > p_2 > p_3$, deoarece $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$.

1.9.3. *a*) $F = \rho gh \cdot \pi R^2 = 46{,}2$ N; *b*) $F = \rho gh \cdot \pi Rh = 554{,}7$ N.

1.9.4. $p = \rho_a g(h_1 + h)$; $p = \frac{Mg + mg}{\pi R^2}$; $\rho_a g h_1 \pi(R^2 - r^2) = Mg$, sau

$$\rho_a g\left[h + \frac{M}{\pi(R^2 - r^2)}\right] = g\frac{M + m}{\pi R^2}; \quad h = \frac{1}{\pi R^2 \rho_a}\left[m - \frac{Mr^2}{R^2 - r^2}\right] = 11{,}67 \text{ cm}.$$

1.9.5. Aceeași presiune. Nu

1.9.6. *a*) Este $p = H - \rho gh$; *b*) Lungimea coloanei de lichid (fig. 1.9.6) este $L = h + 2L_0$. Cînd ramura *B* se înclină, $L = h + L' \sin\alpha + L'$; egalînd relațiile obținem:

$L' = \frac{2L_0}{1 + \sin\alpha} = 20$ cm; *c*) Este aceeași, $p = H - \rho gh$; $\alpha = 0$, $L' = 2L_0 = 34{,}14$ cm.

8*

1.9.7. Dacă la un moment dat diferența de nivel a lichidului în cele două ramuri este $h = 2x$, atunci, din legea a doua a dinamicii rezultă: $-\rho g \cdot 2xS = ma$, în care S este secțiunea tubului. Relația de mai sus se mai poate scrie și sub forma: $-\rho g \cdot 2xS = \rho l S a_x$, sau $a_x + \frac{2g}{l} x = 0$, de unde rezultă perioada $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{2g}}$.

1.9.8. $L = \frac{1}{\eta} \cdot nF \left(\frac{d_1}{d}\right)^2 l_1 = 3 \cdot 10^5$ J.

1.9.9. $\nu = \frac{\eta P}{F_1 l} \cdot \frac{S_1}{S} = 0{,}35 \cdot s^{-1}$.

1.9.10. Fie h_2 înălțimea mercurului din vasul cilindric și h_1 înălțimea apei, astfel încît $h = h_1 + h_2$. Presiunea totală la baza cilindrului este $p = p_1 + p_2 = 2\frac{G}{S}$. Presiunea hidrostatică a fiecărui lichid este $p_1 = \rho_a g h_1$, $p_2 = \rho g h_2$; $h = \frac{G}{Sg}\left(\frac{1}{\rho_a} + \frac{1}{\rho}\right)$; $p = 2\frac{hg}{\frac{1}{\rho_a} + \frac{1}{\rho}} = 2\,720$ N/m².

1.9.11. *a)* $p = \rho h(g + a)$; *b)* $p = \rho h(g - a)$; *c)* $p = 0$.

1.9.12. Nu.

1.9.13. *a)* Nu se schimbă; *b)* nivelul apei scade; *c)* nivelul apei nu se schimbă căci greutatea bulelor de aer este foarte mică și poate fi neglijată.

1.9.14. După scoaterea corpului din cutie, aceasta devine mai ușoară, iar volumul deslocuit scade cu $V_1 = m_c/\rho_a$, deci și nivelul apei scade. Cînd se introduce corpul în apă, acesta deslocuiește un volum $V_2 = m_c/\rho_c$. Dacă $\rho_c > \rho_a$ atunci $V_2 < V_1$, astfel încît nivelul apei din pahar scade față de situația inițială.

1.9.15. Cînd corpul se află numai în apă, condiția de echilibru este $G = F_a$, sau $V\rho g = 0{,}9\,V\rho_a g$, de unde $\rho = 0{,}9\,\rho_a$. După ce se toarnă și ulei, condiția de echilibru devine: $V\rho g = V_1\rho_a g + V_2\rho_u g$, sau $\pi R^2 h\rho g = \pi R^2 h_1 \rho_a g + \pi R^2 h_2 \rho_u g$, de unde rezultă: $\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_a - \rho}{\rho - \rho_u} = \frac{\rho_a - 0{,}9\rho_a}{0{,}9\rho_a - \rho_u} = 1$, deci corpul se află jumătate în apă și jumătate în ulei.

1.9.16. $\rho_c = 500$ kg/m³, $\rho_u = 800$ kg/m³.

1.9.17. $r = R\left(1 - \frac{\rho}{\rho_a}\right)^{1/3} = 30\left(1 - \frac{\frac{26}{27} \cdot 10^3}{10^3}\right)^{1/3} = 10$ cm.

1.9.18. $\rho_2 = \left(\frac{R_e}{R_i}\right)^3 (\rho_a - \rho_1) + \rho_1 = 2400$ kg/m³.

1.9.19. $m = m_1 + \rho_0\left(V - \frac{m_1}{\rho_1}\right)$; $m = 0{,}2 + 1{,}29\left(10^{-3} - \frac{0{,}2}{8800}\right) = 0{,}2013$ kg.

Eroarea de măsură este $\delta m = m_1 - m = 0{,}0013$ kg, o eroare foarte mică, neglijabilă în cazul cîntăririlor obișnuite.

a) $m' = m_1 + \rho_0'\left(V - \frac{m_1}{\rho_1}\right)$ cu $\rho_0' < \rho_0$. Rezultă că $m_1 < m' < m$ și brațul balanței pe care se află corpul de cîntărit coboară. *b)* $\rho_0'' > \rho_0$ și $m_1 > m'' > m$, brațul balanței pe care se află corpul de cîntărit se ridică.

1.9.20. Pentru fiecare din cazurile *a)* și *b)* mai pot exista trei posibilități distincte în funcție de raportul în care se află densitatea corpului de cîntărit ρ_c față de densitatea materialului din care sînt confecționate corpurile de masă etalon, adică: $\rho_c \approx \rho_e$, $\rho_c \gg \rho_e$, $\rho_c \ll \rho_e$. *a)* Dacă $\rho_c \approx \rho_e$, masele fiind egale, rezultă că și volumele sînt aproximativ egale; brațele balanței rămîn în poziția de echilibru. Dacă $\rho_c \gg \rho_e$, $V_c \ll V_e$, se ridică brațul balanței pe care se găsește corpul de cîntărit. Dacă $\rho_c \ll \rho_e$ atunci $V_c \gg V_e$ se coboară brațul balanței pe care se găsește corpul de cîntărit (este mai greu).

b) În primul caz, $\rho_c \approx \rho_e$, brațele balanței rămîn în poziția de echilibru; în celelalte două cazuri rezultatele se inversează față de cazul *a)*.

1.9.21. Vezi problema nr. 1.9.26.

1.9.22. Da, balanța se dezechilibrează datorită unei forțe $\rho_0 g V$. Balanța nu se dezechilibrează deoarece dopul de plută plutește pe suprafața apei, iar greutatea lui este preluată de firul de prindere, presupus întins.

1.9.23. *a)* $F = p_{mediu} S = \frac{p_{max}}{2} S = \frac{\rho_a g h}{2} hL = \frac{1}{2} \rho_a g h^2 L = 35{,}3 \cdot 10^5$ N.

b) $F \cdot \frac{h}{3} \leqslant G\frac{D}{2}$, în care G este greutatea digului iar D grosimea sa. Din relația de mai sus rezultă:

$$D \geqslant \left(\frac{\rho_a}{3\rho}\right)^{1/2} \cdot h = \left(\frac{10^3}{3 \cdot 3 \cdot 10^3}\right)^{1/2} \cdot 6 = 2 \text{ m}$$

1.9.24. $\rho = \rho_0(1 - k^2)$ (vezi și problema 1.9.27).

1.9.25. $\rho = \frac{\rho_a g t^2}{gt^2 - 2(h - v_0 t)} = 4 \cdot 10^3$ kg/m³.

1.9.26. Capacul metalic este prezentat în figura 1.9.26. R, cu toate forțele care acționează asupra lui, în punctul O fiind articulația mobilă iar în punctul A trebuind aplicată forța exterioară F. Condiția de rotire a capacului în jurul punctului O este:

$$Fd\cos\alpha + HS\frac{d}{2} \geqslant mg\frac{d}{2}\cos\alpha + (H + \rho gh)S\frac{d}{2};\quad F \geqslant \frac{1}{2}\left(mg + \frac{\rho g h \pi R^2}{\cos\alpha}\right),$$

în care $S = \pi R^2$ este suprafața capacului. Numeric: $F \geqslant 28{,}5 \cdot 10^4$ N, de circa 10^4 ori mai mare față de cazul inițial cînd era de numai 25 N.

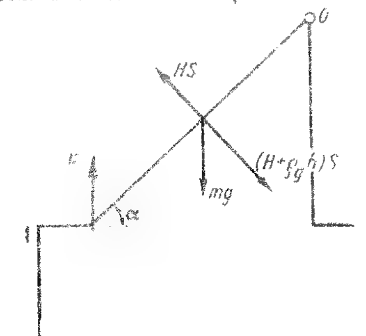


Fig. 1.9.26. R

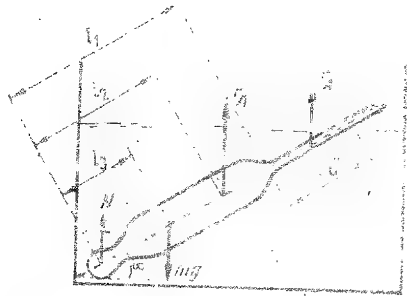


Fig. 1.9.29, R

[illegible] graficul momentelor [illegible] punctul A rezultă: [illegible]

deoarece $x < L - l$ [illegible] caci numai aceasta are sens fizic.

Pentru $l = 0$ și [illegible] problema 1.9.24.

1.9.28. a) [illegible] condiția de echilibru

[illegible]

Pentru o densitate minimă ρ_m [illegible] $mg = \rho_m Vg + \rho_m Sl g$. Din cele două relații [illegible]

$\rho_m =$ [illegible]

Pentru o densitate maximă ρ_M [illegible]

$\rho_M = \frac{V + Sl}{V}$ [illegible]

b) $mg = \rho Vg + \rho S$ [illegible]

1.9.29. Poziția densimetrului [illegible] care acționează asupra lui sînt prezentate în figura 1.9.29, R. Momentul forțelor în raport cu punctul O este: $mgl_3 \cos\alpha = \rho Vgl_2 \cos\alpha + \left(l_1 + \frac{d'}{2}\right)\rho_x Sd' \cos\alpha$, în care S este secțiunea tijei, sau $ml_3 - \rho Vl_2 = \left(l_1 + \frac{d'}{2}\right)\rho Sd'$. Rezultă că diviziunea d' nu depinde de inclinarea α. Cînd densimetrul este în poziție verticală (vezi problema precedentă) [illegible] avem $mg = \rho Vg + \rho Sgd$. Din ultimele două relații se obține:

$$\left(l_1 + \frac{d'}{2}\right) d' = [illegible] \frac{}{S} \quad [illegible] \quad d' = 4{,}5 \text{ cm}.$$

1.9.30. Se ține seama de forțele care acționează asupra tijei și aplicînd legea a doua a dinamicii se arată că mișcarea este oscilatorie armonică.

1.9.31. Deoarece apa într-o conductă formează un tub de curent.

1.9.32. a) $S_1 v_1 \rho_1 = S_2 v_2 \rho_2$: $S_1 \sqrt{2gh}\, \rho_1 = 1{,}25 S_1 \sqrt{2gh}\, \rho_2$, de unde $\rho_2 = \frac{\rho_1}{1{,}25} = 800$ kg/m³. b) $Q_{V_1} = S_1 v_1 = S_1 \sqrt{2gh} = 2 \cdot 10^{-4}$ m³/s. $Q_{V_2} = S_2 v_2 = 1{,}25\, S_1 \sqrt{2gh} = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ m³/s. c) $S_1 v_1 = S_2 v_2$ sau $S_1 \sqrt{2gh_1} = 1{,}25 S_1 \sqrt{2gh_2}$; rezultă: $\sqrt{h_1} = 1{,}25 \sqrt{h_2}$ sau $h_2 = 12{,}8$ cm, $h_2 < h_1$.

1.9.33. $Q_V = Sv = S\sqrt{2gh}$, de unde $h = \frac{Q_V^2}{2gS^2} = 0{,}2$ m.

1.9.34. $Sv = S_1 v_1 + S_2 v_2 = S_1 \sqrt{2g\frac{H}{2}} + S_2 \sqrt{2gh}$, unde H este înălțimea apei din vas, $v = v_2$ și $S_2 = S_1/\sqrt{2}$, rezultă $S = \sqrt{2}\, S_1$.

1.9.35. a) $Q_V = S_1 v_1 = \pi R_1^2 \sqrt{2gh_1} = 6{,}23 \cdot 10^{-4}$ m³/s. b) $S_1 v_1 = S_2 v_2$; $\pi R_1^2 \sqrt{2gH_1} = \pi R_2^2 \sqrt{2gH_2}$; $H_2 = H_1 \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^4 = 13{,}7 \cdot 10^{-2}$ m.

1.9.36. a) $v = \sqrt{2gh} = 24{,}26$ m/s. b) $Q_V = Sv = 7{,}3 \cdot 10^{-2}$ m³/s. c) $p = \rho_a Q_V gh = 21{,}5$ kW.

1.9.37. Se alege un sistem de coordonate cu axa Ox de-a lungul suprafeței lichidului din vas și cu axa Oy pe generatoarea vasului, în jos (fig. 1.9.37, R). Ecuațiile traiectoriilor jeturilor sînt (vezi și capitolul 1.3):

$$y_1 = h_1 + \frac{gx_1^2}{2v_{01}^2}, \quad y_2 = h_2 + \frac{gx_2^2}{2v_{02}^2}.$$

Cum $v_{01} = \sqrt{2gh_1}$; $v_{02} = \sqrt{2gh_2}$, rezultă: $y_1 = h_1 + \frac{x_1^2}{4h_1}$, $y_2 = h_2 + \frac{x_2^2}{4h_2}$ (două parabole). Coordonatele punctului de intersecție (X, Y) a acestor parabole se determină din condiția de intersecție: $Y = h_1 + \frac{X^2}{4h_1}$, $Y = h_2 + \frac{X^2}{4h_2}$. Rezolvînd sistemul, obținem: $X = 2\sqrt{h_1 h_2}$, $Y = h_1 + h_2$.

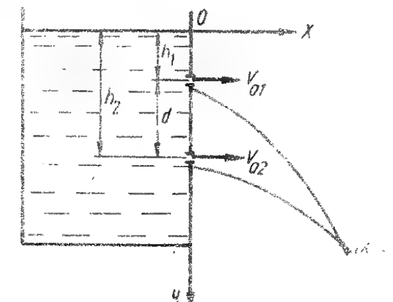


Fig. 1.9.37, R

1.9.38. $Y = h$ (vezi problema precedentă 1.9.37), $h = h_1 + h_2$; $h_1 + d = h$, rezultă: $h_1 = \frac{h - d}{2} = 5$ cm.

1.9.39. Ca o consecință a legii lui Bernoulli pentru un tub de curent orizontal, pentru care $p + \frac{1}{2}\rho v^2 = C_{\text{t}}$.

1.9.40. $p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$; $\frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2) = p_2 - p_1 = \rho g \Delta h$; $S_1 v_1 = S_2 v_2$; rezultă $v_2 = S\left(\frac{2g\Delta h}{S_2^2 - S_1^2}\right)^{1/2}$; $Q_V = S_2 v_2 = S_1 S_2 \left(\frac{2g\Delta h}{S_2^2 - S_1^2}\right)^{1/2} = \frac{4}{3} 10^{-1}$ m^3/s.

1.9.41. $\frac{1}{2}\rho v_1^2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h$; $S_1 v_1 = S_2 v_2 = Q_V$, rezultă

$$S_2 = \frac{Q_V S_1}{(Q_V^2 - 2ghS_1^2)^{1/2}} = 4{,}47 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2.$$

1.9.42. $p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$, unde $p_1 = \frac{F}{S_1} + H$, $p_2 = H$ (H este presiunea atmosferică). $S_1 v_1 = S_2 v_2$, $\frac{F}{S_1} + \frac{1}{2}\rho \frac{S_2^2}{S_1^2} v_2^2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2$, sau $v_2 = \left[\frac{2FS_1}{\rho(S_1^2 - S_2^2)}\right]^{1/2}$; $S_1 l = S_2 v_2 t$, rezultă: $t = \frac{S_1 l}{S_2 v_2} \left\{\frac{\rho S_1}{2F}\left[1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2\right]\right\}^{1/2}$,

$S_2 \ll S_1$, deci $\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \ll 1$ și îl putem neglija. Cu această aproximație, relația devine:

$$t = \frac{S_1 l}{S_2}\left(\frac{\rho S_1}{2F}\right)^{1/2} = \frac{5}{3}\ \text{s}.$$

1.9.43. $Q_V = S_1 v_1 = S_1 \left\{\frac{2\Delta p}{\rho\left[\left(\frac{s_1}{s_2}\right)^2 - 1\right]}\right\}^{1/2} = 0{,}16$ m^3/s.

1.9.44. $p_1 + \frac{1}{2}\rho_0 v^2 = p_2$, dar $p_2 = p_1 + \rho_l g \Delta h$, rezultă

$$v = \left(\frac{2g\rho_l \Delta h}{\rho_0}\right)^{1/2} = 40\ \text{m/s}.$$

1.9.45. Conducta fiind orizontală, manometrul 1 indică presiunea statică în timp ce manometrul 2 indică presiunea totală, deci $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h_1 = \rho g h_2$; $v = [2g(h_2 - h_1)]^{1/2} = \sqrt{2}$ m/s.

1.9.46. Este mai bine ca avionul să decoleze împotriva vîntului căci forța portantă $P = R\cos\alpha$ iar $R = C\rho\alpha S v^2$, deci este proporțională cu viteza vîntului, v. La aterizare, raționamentul se face în sens invers.

1.9.47. $mg = F_A + F$, unde F_A este forța arhimedică și F este forța de rezistență la înaintarea sferei de plumb în glicerină;

$$\frac{\pi d^3}{6}\rho_{Pb} g = \frac{\pi d^3}{6}\rho_{gl} g + 6\pi\eta v \frac{d}{2}.$$

Rezultă:

$$v = \frac{d^2(\rho_{Pb} - \rho_{gl})g}{18\eta}; \quad t = \frac{b}{v};$$

$$t = \frac{18h\eta}{d^2(\rho_{Pb} - \rho_{gl})g} = 1{,}35\ \text{s}.$$

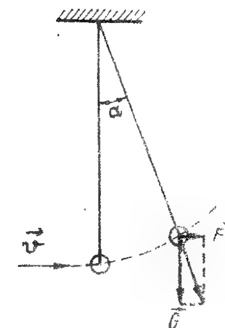


Fig. 1.9.51, R

1.9.48. a) $mg = F_A + F$; $\frac{\pi d^3}{6}\rho_a g = \frac{\pi d^3}{6}\rho_0 g + 6\pi\eta v\frac{d}{2}$; $v = \frac{d^2(\rho_a - \rho_0)g}{18\eta} = 138{,}7\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$. b) $mg = F_A + F$, unde $F = \frac{1}{2}C\rho S v^2$ (forța de rezistență în regim turbionar); $\frac{\pi d^3}{6}\rho_a g = \frac{\pi d^3}{6}\rho_0 g + \frac{1}{2}C\pi d^2 \rho v^2$; $v = \left[\frac{gd}{3C}\left(\frac{\rho_a}{\rho_0} - 1\right)\right]^{1/2} = 4{,}47$ m/s.

1.9.49. $r = \left[\frac{9}{2}\frac{\eta v}{(\rho_s - \rho_{gl})g}\right]^{1/2} = 5{,}2 \cdot 10^{-4}$ m (vezi și problema precedentă 1.9.48).

1.9.50. $\eta = \frac{F}{S} \cdot \frac{z}{v} = f\frac{z}{v}$, sau $v = \frac{fz}{\eta} = 100$ m/s.

1.9.51. Din figura 1.9.51, R se vede că:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F}{G} = \frac{\frac{1}{2}CS\rho_0 v^2}{mg} = \frac{\frac{1}{2}C\pi d^2\rho_0 v^2}{\frac{\pi d^3}{6}\rho g},$$ sau $v = K\sqrt{\operatorname{tg}\alpha}$, în care $K \equiv \sqrt{\frac{gd\rho}{3C\rho_0}}$ este constantă pentru aceeași sferă; $K^2 = 10^3$, iar $v = 24$ ms^{-1}.

1.9.52. $P = F_t = \frac{1}{2}CS\rho_0 v^2 \cdot v$; $v = \left(\frac{2P}{CS\rho_0}\right)^{1/3} = 138$ km/h.

1.10.1. Nu. Lungimile corpurilor sînt diferite, deci vor oscila liber cu frecvențe diferite.

1.10.2. Frecvența unui astfel de sistem depinde de masa sistemului.

1.10.3. Perioada: nu. Amplitudinea : da (se modifică poziția de echilibru iar la transport apar forțe de inerție).

1.10.4. Oscilațiile devin puternice (cu amplitudine mare) cînd frecvența lor este egală cu frecvența șocurilor mașinii de cusut.

1.10.5. Fenomenul de rezonanță are loc atunci cînd frecvența salturilor (prin care se acționează asupra corpului) este egală cu frecvența oscilațiilor proprii corpului.

1.10.6. Cînd viteza trenului atinge valoarea la care frecvența șocurilor primite la trecerea roților peste locurile de îmbinare ale șinelor devine egală cu frecvența proprie de oscilație a vagonului, are loc un fenomen de rezonanță și vagonul oscilează cu amplitudinea cea mai mare.

1.10.7. Frecvența oscilației coloanei de aer din pahar este aceeași cu frecvența sunetului emis și se produce fenomenul de rezonanță. Pereții paharului vibrează cu amplitudine mare și sticla se sparge.

1.10.8. Aerul din nișe și amfore începe să vibreze cu aceeași frecvență ca aceea a sunetelor emise de actori (amplificîndu-le).

1.10.9. Meduza este sensibilă la oscilațiile infrasonore ($\nu \simeq 10$ Hz) produse de mișcările valurilor.

1.10.10. Viteza relativă a undei față de mediul în care se propagă este aceeași în toate direcțiile.

1.10.11. Nu. Pe Lună nu există atmosferă, iar sunetele nu se propagă în vid.

1.10.12. La înălțime mai mare, vîntul bate cu viteză sporită, există forțe de frecare mai mari. Undele sonore, sferice cînd nu este vînt, se deformează tot mai mult. Viteza undei devine mai mare în sensul în care bate vîntul.

1.10.13. Particulele mediului în care se propagă unda execută oscilații. Prin efectuarea lucrului mecanic de învingere a forțelor de frecare dintre particule se cheltuiește energie mecanică. Datorită frecărilor se produce căldură.

1.10.14. Fluturele mișcă aripile doar de cîteva ori într-o secundă și oscilațiile infrasonore care se produc nu pot fi percepute de om.

1.10.15. Sunetele se reflectă pe suprafața palmei ținută pîlnie și astfel o parte mai mare din energia sonoră provenită de la sursă pătrunde în ureche.

1.10.16. Sunetele se aud atît de la sursă direct, cît și după reflexiile multiple datorită copacilor.

1.10.17. Coloana de aer rămasă în vas întărește sunetele cu frecvențe din ce în ce mai mari, conform relației $l = \lambda/4 = v/4\nu$; scade l, crește ν.

1.10.18. Se poate obține liniște prin interferența a două unde sonore care au aceeași frecvență și aceeași amplitudine cînd sînt în opoziție de fază.

1.10.19. $\nu = 4{,}45$ Hz

1.10.20. *a)* $\omega = 52{,}33$ s^{-1}; *b)* $\nu = 8{,}33$ Hz; *c)* $T = 0{,}12$ s; *d)* $v = 36{,}25$ cm/s; *e)* $a = 1096{,}5$ cm/s^2.

1.10.21. *a)* $\nu = 2{,}5$ Hz; $\omega = 5{,}7$ rad/s; *b)* $v_{max} = 0{,}785$ m/s; $a_{max} = 12{,}32$ m/s^2; *c)* $Ec/Ep = 3$.

1.10.22. *a)* $T = 16$ s; $\nu = 6{,}25 \cdot 10^{-2}$ Hz; *b)* $v_{max} = 3{,}925 \cdot 10^{-2}$ m.s^{-1} $a_{max} = 1{,}54 \cdot 10^{-2}$ m.s^{-2}; *c)* $F_{max} = 2{,}46 \cdot 10^{-4}$ N; *d)* $E_c = 1{,}232 \cdot 10^{-5} \cdot \cos^2\left(\frac{\pi}{8}t + \frac{\pi}{8}\right)$J; *e)* $t = \frac{4}{3}$ s.

1.10.23. *a)* $v = 5\pi/6 \cos \pi/6\ t$; $v = v_{max}$ pentru $\pi/6 \cdot t_1 = n\pi$ $(n = 0, 1, 2, ...)$; $t_1 = 0$s; 6s; 12s...; $a = -5(\pi/6)^2 \sin \pi/6\ t$; $a = a_{max}$ pentru $\pi/6 t_2 = (2n+1)\pi/2$; $t_2 = 3$s; 9s; 15s...; *b)* $F = m \cdot a = -4\pi^2(Am/T^2)\sin 2\pi t/T$;

[illegible] $E_p = 3{,}3$ [illegible]

[illegible] $= 4$ cm; [illegible]

[illegible] $5{,}75 \cdot 10^{-2}$ J.

[illegible] $= 13{,}38$ s^{-1} [illegible]

[illegible] $= 0{,}446$ s

[illegible] $-mA\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0)$; [illegible] $22{,}1 \cdot 10^{-3}$ J.

1.10.34. [illegible] $\omega = 15{,}7$ rad/s; *c)* $A = 0{,}04$ m; [illegible] $= 0{,}628$ m/s [illegible]

[illegible] *b)* $H_{max} = mv_{max} = 0{,}6$ kg · m/s; [illegible] $= 1{,}6$ J.

[illegible] $y = 4{,}24$ mm.

[illegible] $F = -mA(4\pi)^2 \sin(2\pi t +$ [illegible]

1.10.39. *a)* [illegible] *b)* $\varphi_0 = -\pi/6$; $E_c = 1{,}13 \cdot$ [illegible] N/m.

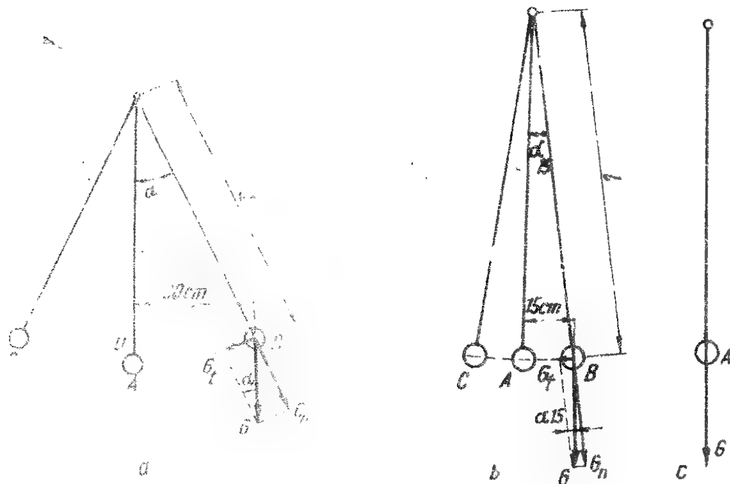


Fig. 1.10.43, R

1.10.40. $y = 8 \sin\left(\frac{\pi}{2} t + \frac{\pi}{3}\right)$ (cm)

1.10.41. a) $F \approx 2{,}561$ N; b) $A = 6{,}25$ cm; $E_c = 0{,}04$ J; c) $E_{c_{max}} = 0{,}08$ J, $t = \frac{n}{4}$ s; $n \in N$.

1.10.42. $A' = \frac{4\sqrt{13}}{2}$.

1.10.43. a) $G_1 = 120$ N; b) $G_1 = 60$ N; c) $G_1 = 0$N, vezi figura 1.10.43, R

1.10.44. $\frac{l_1}{l_2} = 2{,}25$.

1.10.45. $l_1 = 11{,}25$ cm; $l_2 = 31{,}25$ cm.

1.10.46. $g_x = 981{,}1$ cm/s^2.

1.10.47. a) $l = 1{,}98$ m; $T = 2{,}82$ s; b) $E_p = 2{,}87$ J.

1.10.48. $E_c = 0{,}155$ J; $E_p = 0{,}08$ J.

1.10.49. a) $E = \frac{P^2}{2m} = 2{,}25$ J; b) $a_{max} = g \sin \alpha = 4{,}9$ m/s^2;

c) $l = \frac{p^2}{2m^2 g(1 - \cos 30°)} \simeq 3{,}43$ m.

1.10.50. a) $x = 41$ cm; b) $T' = 0{,}76$ s.

1.10.51. a) $T = 1{,}6$ s; b) $E_c = 0{,}1$ J; $E_p = 84{,}67$ mJ; c) $T_\alpha = 1{,}16$ N.

1.10.52. a) $S = 43{,}61$ m; b) $E_{c_{max}} = 19{,}3 \cdot 10^{-3}$ J; c) $T = 1{,}413$ s.

1.10.53. a) $T' = \frac{T}{\sqrt{\cos\alpha}} \simeq 0{,}6$ s; b) $T \doteq 0{,}5$ s.

1.10.54. a) $l = 0{,}05$ m; b) $T = \pi/5 = 0{,}628$ s.

1.10.55. $n = \frac{t_1}{T_1} + \frac{t_1}{T_3} - \frac{t_2}{T_2} = 26{,}28$ oscilații.

1.10.56. a) $x = \frac{x_0}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$; b) Oscilatorul intră în rezonanță; nu se mai poate afla în stare de repaus.

1.10.57. Perioada se mărește cu 0,0468%. Trebuie micșorată lungimea cu 0,12 mm.

1.10.58. 1) $T' = \pi\left(1 + \frac{h}{R}\right)\sqrt{\frac{l}{g_0}} = T\left(1 + \frac{h}{R}\right) > 1$ s, datorită variației lui g cu altitudinea; va rămîne în urmă cu $24 \cdot 3600 \frac{h}{R} = 27$ s.

1.10.59. a) $\Delta t = 12$ min; b) $l = 0{,}9$ m.

1.10.60. $A = \sqrt{5}$ cm; $\varphi = \text{arctg}\, 2 = 63°26'$.

1.10.61. $x = x_1 + x_2 = \sqrt{19} \cos(\pi t + 0{,}372\,\pi)$ cm.

1.10.62. $A = \sqrt{112}$ cm; $\varphi = \text{arctg} \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 40°51'$, vezi figura 1.10.62, R.

1.10.63. $\varphi_2 - \varphi_1 = 71°46'$.

1.10.64. $x = 6{,}9 \sin(2\pi t - 72°50')$.

1.10.65. a) $v = 3\,300$ m/s; b) $T = 0{,}01$ s; $\nu = 100$ Hz.

1.10.66. $\lambda = 10$ m.

1.10.67. a) $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = 4 \cdot 10^3$ m/s; b) $\lambda = \frac{v}{\nu} = 8$ m;

c) $\Delta x = \frac{\lambda}{2\pi} \Delta\varphi = 4$m.

1.10.68. Datorită fenomenului de rezonanță. Frecvența sunetului emis de paharul lovit este egală cu frecvența caracteristică a celuilalt pahar; din această cauză, deși energia sunetului este mai mică, în celălalt pahar apar unde elastice vizibile.

1.10.69. a) y nu este funcție de z; b) $t = \frac{x T}{\lambda}$; c) Interacția este de tip elastic.

1.10.70. a) $v = \frac{1}{v}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}}$; b) $\nu_0 = \frac{2l}{v}$; $\nu_1 = \frac{4l}{v}$; $\nu_2 = \frac{6l}{v}$.

1.10.71. $y = y_1 + y_2 = 2A \cos \pi/\lambda \cdot d \cdot \sin\left[\omega t - \frac{\pi}{\lambda}(d + 2x)\right]$.

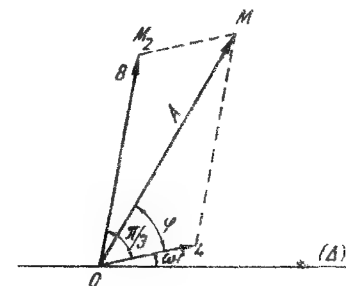


Fig. 1.10.62, R

1.10.72. *a)* $\lambda = vT = 18$ m; *b)* $\varphi = \omega\left(t - \frac{x}{v}\right) = \frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) = 1{,}67\pi$.

$y = 2 \sin 1{,}67\pi = -2 \sin 60° = -1{,}73$ cm; $v = A\omega \cos \omega\left(t - \frac{x}{v}\right) =$
$= 10{,}4 \cos 60° = 5{,}2$ cm/s; $a = A\omega^2 \sin \omega\left(t - \frac{x}{v}\right) = 54{,}8 \sin 60° = 47{,}5$ cm/s²;

c) $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{}4{,}5 = \frac{\pi}{2}$.

1.10.73. 1) $A = 4$ cm; $\nu = 10$ Hz; $T = 0{,}1$ s; 2) $\lambda = 25$ cm; $x = 4 \sin 2\pi(10t - 2{,}5)$cm; 3) $\Delta\varphi = 216°$.

1.10.74. *a)* $t_1 = 16$ ms; *b)* $\varphi_1 = \frac{8\pi}{5} = 288°$; *c)* $x = 0{,}833$ m; *d)* $\varphi = \pi$.

1.10.75. *a)* $k = 2 \cdot 10^3$ N/m; *b)* $\lambda = 0{,}8$ m; *c)* $v_{max} = 40{,}12$ m/s (din $v_{max} = A\omega$ și $A = \Delta l$), $a_{max} = A\omega^2 = 1{,}02 \cdot 10^5$ m/s².

1.10.76. *a)* $E_c = 0{,}072\pi^2 \cos^2 1000\pi t$ (J); $E_p = 0{,}072\pi^2 \sin^2 1000\pi t$ (J);
b) $\lambda = 8$ m; $\nu = 500$ Hz; $v = 4000$ m/s; *c)* $E = \rho v^2 = 4{,}16 \cdot 10^{10}$ N/m²;
d) $A = 2{,}4$ cm; $\varphi_0 = -\pi/4$.

1.10.77. $\hat{r} = 9°30'$.

1.10.78. $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos k(x_1 - x_2)} = 7$ mm, unde $x_1 = \sqrt{x_2^2 + d^2}$.

1.10.79. $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos k(x_2 - x_1)} = 6{,}8$ mm.

1.10.80. $d = \frac{1}{2}\sqrt{c(2l + c\Delta t)\Delta t} \simeq 57{,}7$ m.

1.10.81. *a)* $\lambda = 0{,}45$ m; *b)* $y = 5 \cos 20\pi(t - 2)$ cm.

1.10.82. *a)* $\lambda = 0{,}64$ m; *b)* $x_n = n\frac{\lambda}{2}$ se vor forma noduri ($A_{rez} = 0$),

$x_n = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ se vor forma ventre ($A_{rez} = 2A$).

c) $A_1 = 2A \sin kx_1 = 3{,}384$ mm.

1.10.83. *a)* $A = 4$ cm; $\nu = 10$ Hz; $T = 0{,}1$ s; *b)* $\lambda = 0{,}5$ m;
c) $y = 4 \sin 2\pi(10t - 1)$; *d)* maxim.

PARTEA a II-a

FENOMENE TERMICE, ELECTRICE ȘI MAGNETICE
(Clasa a X-a)

ENUNȚURI

CAPITOLUL I

NOȚIUNI DESPRE STRUCTURA CORPURILOR

2.1.1. Să se afle [illegible] atomului de: *a)* oxigen, *b)* azot, *c)* heliu $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

2.1.2. Să se afle:

a) numărul [illegible] 1 kg de bioxid de carbon (CO_2);

b) masa [illegible];

c) numărul de [illegible] 1 m³ de CO_2 aflat în condiții fizice normale [illegible] kmol);

d) distanța [illegible] CO_2 [illegible] în condiții fizice normale $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

2.1.3. Să se afle:

a) masa unei [illegible] (NH_3).

b) densitatea [illegible] gazului (NH_3), aflat în condiții fizice normale $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}};\ V_{\mu 0} = 22{,}42 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}\right)$.

2.1.4. Să se afle numărul de molecule cuprinse într-un volum $V = 1$ m³ de gaz aflat în condiții fizice normale (numărul lui Loschmidt) $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}};\ V_{\mu 0} = 22{,}42 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}\right)$.

2.1.5. Să se afle distanța medie dintre moleculele unui gaz aflat în condiții fizice normale.

2.1.6. Să se determine ce [illegible] parte din volumul ocupat de un gaz, în condiții fizice normale, [illegible] moleculelor acelui gaz. Diametrul moleculelor este $d = 10^{-10}$ m.

2.1.7. Să se afle: a) masa, b) volumul, c) diametrul moleculei de sulfură de carbon (CS_2 lichid incolor), considerînd moleculele sfere rigide, dispuse una în contact cu alta. Densitatea sulfurii de carbon este $\rho = 1{,}26 \cdot 10^3$ kg/m³ $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \dfrac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

2.1.8. Să se afle volumul v_0 și diametrul d al atomilor de aluminiu, considerînd atomii sfere rigide. Densitatea aluminiului este $\rho = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg/m³ $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \dfrac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

CAPITOLUL 2

NOȚIUNI TERMODINAMICE DE BAZĂ. LEGILE GAZULUI IDEAL

TRANSFORMAREA IZOTERMĂ

2.2.1. Să se reprezinte grafic un proces izoterm în coordonatele: *a*) p, V; *b*) p, T; *c*) V, T, pentru $T = T_1$ și $T = 2T_1$.

2.2.2. Să se reprezinte grafic, în coordonate p, V, procesul izoterm, descris de ecuația $pV = 40$ (atm · m³). Să se determine variația ΔV a volumului ocupat de gaz dacă presiunea crește de $1/n$ ori (caz particular 1/4 ori) din valoarea inițială, la temperatură constantă.

2.2.3. Un gaz, aflat în condiții fizice normale, ocupă volumul $V_0 = 1$ m³. Să se afle volumul V_1 pe care il va ocupa gazul la presiunea $p_1 = 49 \cdot 10^5$ N/m². Temperatura gazului rămîne constantă, iar $p_0 = 1 \cdot 10^5$ N/m².

2.2.4. Un gaz este comprimat izoterm de la volumul $V_1 = 8 \cdot 10^{-3}$m³ la volumul $V_2 = 6 \cdot 10^{-3}$m³. Datorită comprimării presiunea a crescut cu $\Delta p = 8 \cdot 10^3$ N/m². Să se afle presiunea inițială p_1 a gazului.

2.2.5. Într-un cilindru cu piston, figura 2.2.5, se află închis aer. Masa pistonului este $m = 6$ kg, iar aria secțiunii cilindrului $S_0 = 20$ cm². Să se determine masa m_1 ce trebuie așezată pe piston pentru ca volumul aerului să se micșoreze de două ori. Presiunea atmosferică este $p_0 = 10^5$N/m², temperatura sistemului rămîne constantă, iar frecările se neglijează.

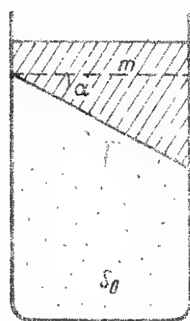


Fig. 2.2.5

2.2.6. Capătul unui tub cilindric, de rază $r = 1$ cm și lungime $l = 25$ cm, este închis cu un dop de cauciuc. Celălalt capăt este închis cu ajutorul unui piston. Cînd pistonul este împins în interiorul tubului pe o distanță $d = 8$ cm, dopul sare. Considerînd temperatura constantă, să se afle forța de frecare dintre dop și perete în momentul cînd sare dopul. Presiunea atmosferică este $p_0 = 10^5$ N/m², grosimea dopului și a pistonului se neglijează.

2.2.7. Un tub de sticlă vertical de lungime L, închis la un capăt, conține aer separat de exterior cu ajutorul unei coloane de mercur de lungime h (fig. 2.2.7). Să se determine lungimea l a coloanei de aer dacă prin răsturnarea tubului cu capătul deschis în jos, jumătate din coloana de mercur se varsă. Densitatea mercurului este ρ, presiunea atmosferică p_0.

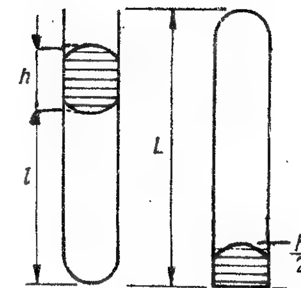


Fig. 2.2.7

2.2.8. Într-un tub subțire de sticlă, închis la un capăt, se află aer, separat de exterior cu ajutorul unei coloane de mercur de lungime $h = 2$ cm. Cînd tubul este așezat vertical, cu capătul deschis în jos, lungimea coloanei de aer este $l_1 = 0{,}39$ m. Cînd tubul este vertical dar cu capătul deschis în sus, lungimea coloanei de aer este $l_2 = 0{,}37$ m. Să se determine presiunea atmosferică, cunoscînd densitatea mercurului $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3$ kg/m³.

2.2.9. Un tub de sticlă, vertical, deschis la ambele capete, de lungime $l = 30$ cm, este cufundat în mercur astfel încît lungimea părții cufundate este $l/3$. Apoi, capătul superior al tubului se acoperă cu degetul și tubul este scos din mercur. O parte din mercurul din tub va curge. Să se afle lungimea x a coloanei de mercur ce rămîne în tub. Presiunea atmosferică este $p_0 = 10^5$ N/m², iar densitatea mercurului $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3$ kg/m³.

2.2.10. Un tub de sticlă deschis la ambele capete este introdus în poziție verticală într-un vas cu mercur. Nivelul mercurului în vas și în tub este același. Lungimea părții de tub de deasupra mercurului este $l_1 = 100$ cm. Capătul superior se acoperă, apoi tubul este ridicat cu $h = 10$ cm. Să se afle înălțimea x a coloanei de mercur ce intră în tub. Presiunea atmosferică este $p_0 = 10^5$ N/m², $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3$ kg/m³.

2.2.11. La mijlocul unui tub așezat orizontal, închis la ambele capete și vidat, de lungime $L = 1$ m, se află o coloană de mercur de lungime $h = 0{,}2$ m. Cînd tubul este adus în poziție verticală, coloana de mercur se deplasează cu $l = 0{,}1$ m. Să se afle presiunea pînă la care tubul a fost vidat. Densitatea mercurului este $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3$kg/m³.

2.2.12. Un cilindru orizontal, de lungime $L = 1$ m și secțiune $S = 2 \cdot 10^{-3}$m², este împărțit în două părți egale printr-un piston mobil. În cele două compartimente se află aer la presiunea $p_0 = 10^5$N/m² și la aceeași temperatură. Se deplasează pistonul pe distanța $h = 0{,}4$ m față de poziția inițială.

a) Ce presiune are aerul din fiecare compartiment?

b) Ce forță trebuie să acționeze asupra pistonului pentru a-l menține în această poziție?

2.2.13. Un cilindru orizontal, închis la capete, este împărțit în trei compartimente cu ajutorul a două pistoane blocate. Presiunea și volumul aerului din fiecare compartiment sînt egale cu: $p_1 = 2 \cdot 10^5$N/m²; $V_1 = 36 \cdot 10^{-6}$m³; $p_2 = 0{,}6 \cdot 10^5$N/m²; $V_2 = 60 \cdot 10^{-6}$m³; $p_3 = 0{,}5 \cdot 10^5$ N/m²; $V_3 = 104 \cdot 10^{-6}$m³. Să se afle presiunea și volumul gazului din fiecare compartiment după ce pistoanele se deblochează. Temperatura sistemului nu se modifică.

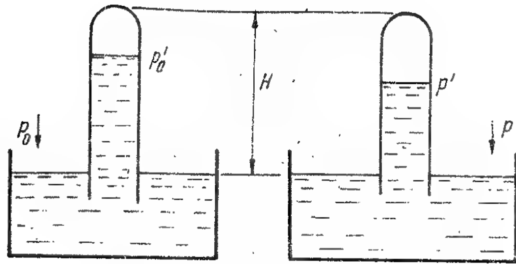


Fig. 2.2.14

2.2.14. Indicațiile unui barometru cu mercur sînt eronate din cauză că în tubul barometric a intrat o bulă de aer. Cînd presiunea atmosferică este $p_0 = 1{,}013 \cdot 10^5 \mathrm{N/m^2}$, barometrul indică presiunea $p_0' = 0{,}974 \cdot 10^5 \mathrm{N/m^2}$, iar cînd presiunea atmosferică este $p = 0{,}957 \cdot 10^5 \mathrm{N/m^2}$, barometrul indică presiunea $p' = 0{,}934 \cdot 10^5 \mathrm{N/m^2}$. Să se afle lungimea H a tubului barometric (fig. 2.2.14). Densitatea mercurului este $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3 \mathrm{kg/m^3}$ iar $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$.

2.2.15. Două tuburi comunicante identice sînt umplute parțial cu un lichid de densitate ρ. În fiecare tub, deasupra lichidului, se află aer, separat de exterior cu ajutorul unui piston. Presiunea aerului din cele două tuburi și înălțimea coloanei de aer sînt aceleași, egale cu p_1, respectiv cu h (fig. 2.2.15). Un piston este blocat, iar celălalt este ridicat pe distanța x. Să se afle pentru ce valoare a lui x diferența dintre nivelul lichidului din cele două tuburi este egală cu h. Temperatura sistemului rămîne constantă.

2.2.16. Într-un tub în formă de U, avînd un capăt închis și prevăzut cu robinet, se află mercur (fig. 2.2.16). Distanța dintre nivelul mercurului și capătul tubului este aceeași în ambele tuburi $h_1 = 20$ cm. Să se afle distanța h pe care coboară nivelul mercurului în tubul deschis dacă, după ce din sistem s-a scurs o cantitate de mercur prin robinetul R, nivelul mercurului din tubul închis a coborît pe distanța $h_2 = 18$ cm. Presiunea atmosferică $p_0 = 10^5 \mathrm{N/m^2}$, densitatea mercurului $\rho = 13{,}6 \cdot 10^3 \mathrm{kg/m^3}$.

2.2.17. Într-un cilindru orizontal, de lungime $2l = 0{,}4$ m și volum $V = 12 \cdot 10^{-4} \mathrm{m^3}$, închis la ambele capete, se află aer la presiunea $p_0 = 10^5 \mathrm{N/m^2}$. Cilindrul este împărțit în două părți egale de un piston avînd masa $m = 0{,}1$ kg și grosime neglijabilă. Cilindrul este pus într-o mișcare de rotație cu viteza unghiulară ω față de o axă verticală ce trece prin centrul lui. Să se afle ω dacă pistonul se stabilește la distanța $r = 0{,}1$ m față de axă.

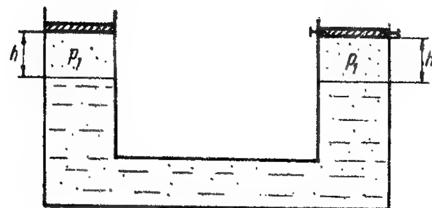


Fig. 2.2.15

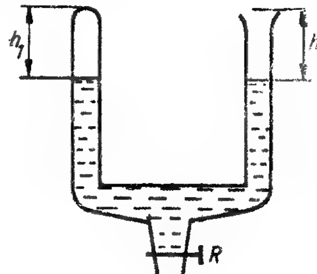


Fig. 2.2.16

2.2.18. Să se reprezinte grafic un proces izobar în coordonatele: *a)* p, V; *b)* p, T; *c)* V, T.

2.2.19. Un gaz ocupă volumul $V_1 = 0{,}25 \cdot 10^{-3} \mathrm{m^3}$ la temperatura $T_1 = 300$ K. Ce volum V va ocupa gazul dacă temperatura:

a) crește la $T_2 = 324$ K;

b) scade la $T_3 = 270$ K. Presiunea gazului rămîne constantă.

2.2.20. Volumul ocupat de un gaz este $V_1 = 20 \cdot 10^{-3} \mathrm{m^3}$. Gazul este răcit izobar la temperatura $T_2 = 100$ K, iar volumul său devine $V_2 = 5 \cdot 10^{-3} \mathrm{m^3}$. Să se afle temperatura inițială T_1 a gazului.

2.2.21. Un gaz închis într-un cilindru cu piston mobil se află la temperatura $T_1 = 300$ K. Să se afle cu cîte grade ΔT variază temperatura gazului, menținut la presiunea constantă, dacă:

a) volumul crește cu $n = 20\%$;

b) volumul scade cu $n = 20\%$.

2.2.22. Un gaz este încălzit la presiune constantă de la temperatura $T_1 = 300$ K la temperatura $T_2 = 400$ K. Să se afle cu cît la sută se modifică volumul gazului.

2.2.23. Un termometru cu gaz la presiune constantă arată ca în figura 2.2.23. Balonul A are volumul $V = 10^{-4} \mathrm{m^3}$, iar volumul tubului cuprins între două diviziuni succesive este $\Delta V = 0{,}2 \cdot 10^{-6} \mathrm{m^3}$. În balon și în tub se află aer, separat de exterior cu ajutorul unei coloane de mercur. La temperatura $T = 278$ K marginea a a picăturii se află în dreptul diviziunii $n = 20$. Între ce valori T_1 și T_2 poate fi măsurată temperatura cu acest termometru dacă scala tubului are un număr de diviziuni $N = 100$? Dilatarea balonului și a tubului se neglijează.

2.2.24. Într-un tub cilindric, orizontal închis la ambele capete se află aer în condiții fizice normale. Tubul este împărțit în două părți neegale cu ajutorul unui piston care se poate deplasa fără frecări (fig. 2.2.24). Volumele V_1 și V_2 ale celor două părți sînt legate prin relația $V_2 = 2V_1$. Să se afle temperatura T_1 la care trebuie încălzit aerul din compartimentul mai mic și temperatura T_2 pînă la care trebuie răcit aerul din compartimentul mai mare pentru ca pistonul să împartă tubul în două părți egale. Procesul de încălzire respectiv de răcire a aerului se face astfel încît $V/T = \mathrm{const.}$

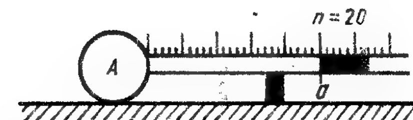


Fig. 2.2.23

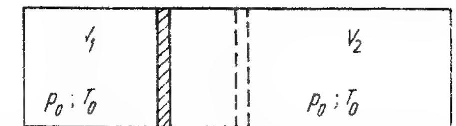


Fig. 2.2.24

2.2.25. Trei stări de echilibru ale unui gaz de masă dată sînt reprezentate prin punctele 1, 2 și 3 în coordonate V și T (fig. 2.2.25). În care dintre cele trei stări presiunea gazului este mai mare?

TRANSFORMAREA IZOCORĂ

2.2.26. Să se reprezinte grafic un proces izocor în coordonatele:
a) p, V; *b*) p, T; *c*) V, T.

2.2.27. Un gaz menținut la volum constant se află la temperatura $T = 293$ K și la presiunea $p = 10^5 \text{N/m}^2$. Să se afle presiunea gazului cînd:

a) este încălzit la temperatura $T_1 = 423$ K;
b) este răcit la temperatura $T_2 = 250$ K.

2.2.28. Balonul unei lămpi cu incandescență este umplut cu azot la presiunea $p_1 = 5 \cdot 10^4 \text{N/m}^2$ și la temperatura $T_1 = 288$ K. Să se afle temperatura T_2 a gazului cînd lampa funcționează dacă presiunea azotului devine $p_2 = 10^5 \text{N/m}^2$.

2.2.29. Temperatura unui gaz scade izocor de la valoarea $T_1 = 400$ K la $T_2 = 200$ K. Să se afle cu cît la sută scade presiunea gazului.

2.2.30. Presiunea gazului dintr-un balon, măsurată cu un manometru diferențial, este $p_1 = 2{,}8 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$. Dacă temperatura gazului scade cu $\Delta T = 85$ K, indicația manometrului scade cu $\Delta p = 10^5 \text{N/m}^2$. Să se afle temperaturile T_1 și T_2 ale gazului în cele două stări, considerînd că balonul nu-și modifică volumul, iar presiunea atmosferică este normală. (Manometrul diferențial arată diferența dintre presiunea gazului din balon și presiunea atmosferică.)

2.2.31. Într-un cilindru cu piston mobil de arie $S = 20 \text{ cm}^2$ se află închis un gaz la temperatura $T_1 = 300$ K. Forța ce acționează asupra pistonului este $F_1 = 3$ N. Să se afle cu cît trebuie să crească forța ce acționează asupra pistonului pentru ca volumul gazului să nu se schimbe dacă este încălzit la temperatura $T_2 = 400$ K. Presiunea atmosferică este normală.

2.2.32. În figura 2.2.32 sînt prezentate două izocore $V_1 = \text{const.}$ și $V_2 = \text{const.}$, trasate pentru aceeași masă de gaz. Care dintre cele două volume V_1 sau V_2 este mai mare?

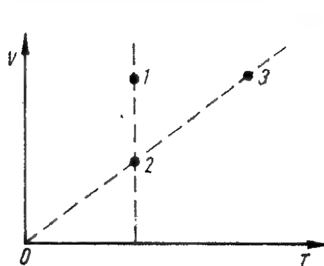


Fig. 2.2.25

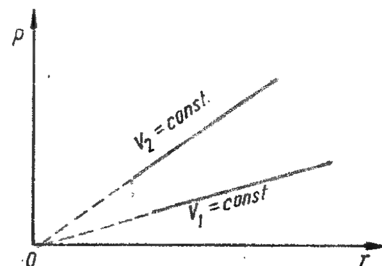


Fig. 2.2.32

2.2.33. În două recipiente se află aer la temperatura $T_1 = 300$ K și respectiv $T_2 = 400$ K. Raportul dintre presiunile aerului din cele două recipiente este $p_1/p_2 = 3$. Să se afle raportul dintre presiunile celor două gaze după ce sînt aduse la aceeași temperatură.

TRANSFORMAREA GENERALĂ. ECUAȚIA TERMICĂ DE STARE

2.2.34. Să se reprezinte grafic ciclurile din figura 2.2.34 în coordonate (V, T) și (p, T).

2.2.35. Un gaz este supus unei transformări ciclice reprezentate în figura 2.2.35. Cunoscînd temperaturile T_1 și T_2 în stările 1 și 2 ale gazului, să se afle temperatura gazului T_3 în starea 3.

2.2.36. Un gaz ce ocupă volumul $V_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$ la temperatura $T_1 = 400$ K și presiunea $p_1 = 10^5 \text{N/m}^2$ este supus la următoarele transformări: 1) comprimare izotermă pînă volumul devine V_2 iar presiunea p_2; 2) răcire izobară pînă la temperatura $T_3 = 200$ K; 3) destindere izotermă ($T_3 = \text{const.}$) pînă volumul devine $V_4 = 10^{-3} \text{m}^3$. Să se afle presiunea finală p_4 a gazului. Să se reprezinte grafic procesul în (p, V), (p, T), (V, T).

2.2.37. Un balon din cauciuc este umplut cu aer. Parametrii de stare ai aerului din balon sînt: $p_1 = 0{,}98 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$; $V_1 = 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$ și $T_1 = 300$ K. Cînd balonul este scufundat în apă, a cărei temperatură este $T_2 = 278$ K, presiunea aerului devine $p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$. Să se afle variația ΔV a volumului aerului $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \dfrac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.38. Într-un rezervor pentru păstrat oxigenul gazos, de volum $V_1 = 6 \text{ m}^3$ se află oxigen la presiunea $p_1 = 120 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ și temperatura $T_1 = 300$ K. Să se afle:

a) volumul pe care îl ocupă oxigenul în condiții fizice normale,
b) masa oxigenului $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \dfrac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.39. Să se afle masa bioxidului de carbon (CO_2) închis într-o butelie de volum $V = 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$, la temperatura $T = 400$ K și la presiunea $p = 8{,}3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \dfrac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

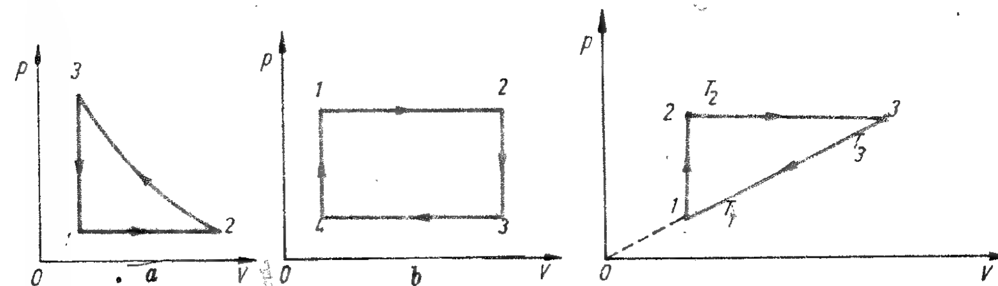


Fig. 2.2.34

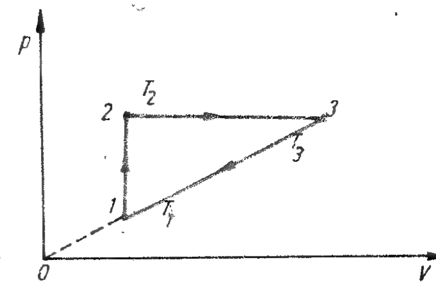


Fig. 2.2.35

2.2.40. Să se afle masa molară μ a butanului (gaz), cunoscînd că presiunea unei mase de gaz, $m = 4{,}2 \cdot 10^{-3}$ g, închisă într-un balon de volum $V = 2 \cdot 10^{-3}$ m^3, la temperatura $T = 300$ K este $p = 0{,}9 \cdot 10^5$ N/m^2 $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \dfrac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.41. Să se afle densitatea bioxidului de carbon, aflat la presiunea $p = 1{,}76 \cdot 10^5$ N/m^2 și temperatura $T = 200$ K $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \dfrac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.42. Un gaz este adus din starea inițială 1 în starea finală 2 în care densitatea este $\rho_2 = \rho_1/2$. Trecerea din 1 în 2 se face printr-un proces reprezentat grafic în figura 2.2.42. Presiunea maximă în timpul procesului $p_{max} = 5p_1$. Să se determine:

a) ce transformări simple au fost folosite la trecerea gazului din starea 1 în starea 2;

b) temperatura maximă atinsă de gaz, exprimată în funcție de T_1.

2.2.43. O butelie de oțel ce conține oxigen, de volum $V = 30 \cdot 10^{-3}$ m^3, nefiind închisă ermetic, pierde gaz. La temperatura $T_1 = 300$ K manometrul indică presiunea $p_1 = 72 \cdot 10^5$ N/m^2. După un timp, la temperatura $T_2 = 290$ K, manometrul indică presiunea $p_2 = 29 \cdot 10^5$ N/m^2. Să se afle masa oxigenului care a ieșit în acest timp din butelie $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \dfrac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.44. Un balon de volum $V_1 = 10 \cdot 10^{-3}$ m^3 conține aer la presiunea p_1. Un al doilea balon de volum $V_2 = 30 \cdot 10^{-3}$ m^3 conține aer la presiunea $p_2 = 10^5$N/m^2. După ce se face legătura între cele două baloane, presiunea comună devine $p = 2 \cdot 10^5$ N/m^2. Să se afle presiunea p_1 din primul balon. Temperatura rămîne constantă.

2.2.45. Două baloane identice conțin aer. Temperatura și presiunea în cele două baloane sînt T_1, p_1 și, respectiv, T_2, p_2. Baloanele sînt puse în legătură, iar gazele se amestecă, ajungînd la aceeași presiune și temperatură. Din această stare gazul din sistem este încălzit la temperatura T. Să se afle presiunea p din sistem după încălzire.

2.2.46. Un cilindru orizontal, închis la ambele capete, de lungime $l = 0{,}84$ m este împărțit în două compartimente egale cu ajutorul unui piston termoizolant, mobil fără frecare. În ambele compartimente se află același gaz la temperatura $T_1 = 300$ K și presiunea $p_1 = 1 \cdot 10^5$N/m^2. Gazul dintr-un compartiment este încălzit la temperatura $T_2 = 330$ K, iar temperatura în celălalt compartiment nu se modifică. Să se afle:

a) distanța x pe care se deplasează pistonul;

b) presiunea finală din cilindru.

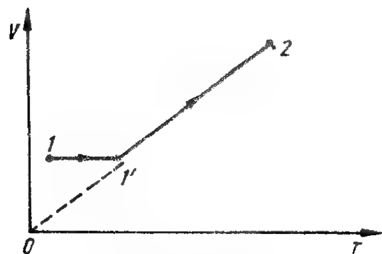


Fig. 2.2.42

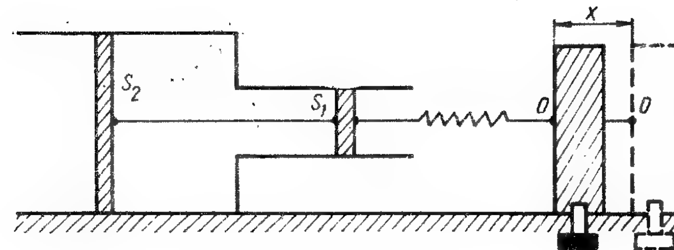


Fig. 2.2.47

2.2.47. Într-un tub orizontal fixat, avînd forma din figura 2.2.47, se află două pistoane legate printr-o tijă subțire, rigidă. Aria pistoanelor este $S_1 = 10 \cdot 10^{-4}$ m^2 și $S_2 = 40 \cdot 10^{-4}$ m^2. Pistonul din dreapta este legat de un punct O printr-un resort, avînd constanta elastică $k = 400$ N/m. Inițial, temperatura și presiunea aerului dintre pistoane sînt egale cu temperatura și presiunea aerului exterior care sînt: $T_0 = 300$ K, $p_0 = 10^5$N/m^2, iar resortul nu este deformat. Apoi, aerul dintre pistoane este încălzit cu $\Delta T = 100$ K. Să se afle:

a) în ce parte și pe ce distanță x trebuie deplasat punctul O pentru ca poziția pistoanelor să nu se modifice;

b) lucrul mecanic pe care îl efectuăm.

2.2.48. Un cilindru orizontal, închis la ambele capete, de lungime $2l = 2$ m și secțiunea $S = 20 \cdot 10^{-4}$ m^2 este împărțit în două părți egale cu ajutorul unui piston mobil. În ambele compartimente ale cilindrului se află aer la presiunea $p = 10^5$N/m^2 și temperatura $T = 290$ K. Se deplasează pistonul spre dreapta pe distanța $\Delta l = 0{,}4$ m, temperatura rămînînd constantă. Să se afle:

a) presiunea gazului din fiecare compartiment;

b) forța ce trebuie să acționeze asupra pistonului pentru a-l menține în noua poziție;

c) masa de gaz ce trebuie scoasă dintr-un compartiment pentru ca după ce lăsăm pistonul liber acesta să nu se deplaseze $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \dfrac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.49. Un cilindru orizontal închis la ambele capete, de lungime $l = 0{,}65$ m, este împărțit în două compartimente cu ajutorul unui piston termoizolant ce se poate mișca fără frecări. Într-un compartiment se află oxigen la temperatura $T_1 = 400$ K iar în celălalt aceeași masă de hidrogen, la temperatura $T_2 = 300$ K. Să se afle distanța la care se află pistonul față de unul din capetele cilindrului.

2.2.50. Un cilindru orizontal închis la ambele capete este împărțit în două compartimente cu ajutorul unui piston termoizolant, mobil fără frecare. Într-unul din compartimente se află un gaz, la temperatura T_1, de masă molară μ_1. În al doilea se află aceeași masă dintr-un alt gaz la temperatura T_2, de masă molară μ_2. Să se afle raportul dintre temperaturile T_1 și T_2 pentru ca pistonul să împartă cilindrul în două părți egale.

2.2.51. Într-un cilindru orizontal închis la capete se află aer. Cilindrul este împărțit în două compartimente cu ajutorul unui piston mobil, termoizolator. Inițial, raportul volumelor celor două compartimente este $V_1/V_2 = 2$. Cum se modifică acest raport, dacă aerul din primul compartiment este adus la temperatura $T_1 = 300$ K, iar cel din al doilea la temperatura $T_2 = 600$ K?

2.2.52. Un cilindru orizontal închis la ambele capete, de volum $V = 6 \cdot 10^{-3}$ m^3 este împărţit în două compartimente de un piston termoizolant, mobil fără frecare. Iniţial, pistonul se află în echilibru mecanic. Într-un compartiment se află $\nu_1 = 4 \cdot 10^{-3}$ kmol de gaz la temperatura $T_1 = 300$ K. În celălalt se află $\nu_2 = 6 \cdot 10^{-3}$ kmol dintr-un alt gaz la temperatura $T_2 = 400$ K. Să se afle:

a) volumele V_1 şi V_2 ocupate de cele două gaze;

b) temperaturile la care pistonul se află la jumătatea cilindrului, dacă presiunea gazelor rămîne neschimbată.

2.2.53. Un cilindru închis la ambele capete, aflat în poziţie verticală este împărţit în două compartimente cu ajutorul unui piston mobil fără frecare. Deasupra şi dedesubtul pistonului se află mase egale din acelaşi gaz la temperatura $T_1 = 300$ K. Pistonul se află în echilibru mecanic, iar volumul compartimentului inferior, V_2 este de $n = 5$ ori mai mic decît volumul celui superior, V_1. Să se afle la ce temperatură T_2 a fost încălzit sistemul dacă raportul volumelor devine $\frac{V_1'}{V_2'} = k = 3$.

2.2.54. Un rezervor metalic de volum V este umplut cu aer comprimat, avînd presiunea $p_1 = 25 \cdot 10^5$ N/m^2 şi temperatura $T_1 = 300$ K. Datorită încălzirii mediului ambiant, temperatura aerului din rezervor a crescut la $T_2 = 310$ K. Pentru ca presiunea în rezervor să rămînă constantă, o masă $\Delta m = 6$ kg de aer este eliminată în exterior printr-o supapă de siguranţă. Să se afle:

a) densitatea iniţială a aerului din rezervor;

b) volumul rezervorului;

c) masa de aer rămasă în rezervor şi numărul de kmoli de aer ce au părăsit rezervorul $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.55. Două baloane de volum $V_1 = 6 \cdot 10^{-3}$ m^3 şi $V_2 = 3 \cdot 10^{-3}$ m^3 comunică între ele printr-un tub de volum neglijabil. În cele două vase se află un număr $\nu = 5$ kmol de gaz perfect. Să se determine numărul ν_1 şi ν_2 de kilomoli de gaz ce se află în fiecare balon dacă primul balon se află la temperatura $T_1 = 300$ K iar al doilea la $T_2 = 600$ K.

2.2.56. O masă $m = 3{,}2$ kg de oxigen ocupă volumul V_1 la temperatura $T_1 = 300$ K şi presiunea $p_1 = 5 \cdot 10^5$ N/m^2. Gazul este supus unei transformări izobare pînă cînd volumul devine $V_2 = 5V_1$, apoi unei transformări izocore pînă cînd presiunea devine $p_3 = p_1/2$. Să se determine parametrii gazului în cele trei stări şi să se reprezinte grafic procesul.

2.2.57. Un balon, avînd învelişul din material plastic rigid, de masă $M = 2 \cdot 10^{-2}$ kg şi de volum $V = 16{,}6 \cdot 10^{-3}$ m^3 este umplut cu hidrogen la presiunea p. Temperatura hidrogenului din balon şi a aerului înconjurător este $T = 300$ K. Aerul atmosferic se află la presiunea $p_0 = 10^5$N/m^2. Să se afle presiunea p a hidrogenului din balon dacă balonul pluteşte în aer $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.2.58. Într-un recipient închis, de volum $V = 2$ m^3, se află un amestec de azot (N_2) şi oxid de azot (NO). Să se afle masa m_1 a oxidului de azot cunoscînd că masa amestecului gazos este $m = 14 \cdot 10^{-3}$ kg, temperatura $T = 300$ K, iar presiunea $p = 6 \cdot 10^5$ N/m^2 $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

Capitolul 3

PRINCIPIILE TERMODINAMICII. COEFICIENŢI CALORICI

PRIMUL PRINCIPIU AL TERMODINAMICII

2.3.1. Să se afle căldura specifică izocoră şi căldura specifică izobară pentru oxigen (O_2) dacă se cunoaşte căldura molară izocoră $C_V = 20{,}8 \cdot 10^3$ J/kmol · K $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.2. Căldura molară izocoră a heliului (He) este $C_V = (3/2)\ R$, unde R este constanta universală a gazelor. Să se calculeze pentru heliu căldurile specifice c_V şi c_p $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.3. Să se afle căldurile specifice c_V şi c_p ale unui gaz avînd masa molară $\mu = 30$ kg/kmol iar raportul dintre căldura molară izobară şi izocoră este $\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 1{,}4$ $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.4. Să se afle căldura specifică izocoră şi căldura specifică izobară ale unui amestec format din ν_1 kilomoli dintr-un gaz perfect, de masă molară μ_1 şi căldură molară izocoră C_{V_1} şi din ν_2 kmol din alt gaz perfect, de masă molară μ_2 şi căldură molară izocoră C_{V_2}.

2.3.5. Să se afle raportul $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ pentru un amestec gazos, format din $\nu_1 = 2$ kmol de heliu (He) şi din $\nu_2 = 0{,}5$ kmol de oxigen (O_2). Se dau $C_{V_1} = \frac{3}{2} R \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}$ (pentru He), $C_{V_2} = \frac{5}{2} R \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}$ (pentru O_2).

2.3.6. Aerul uscat este un amestec gazos, avînd următoarea compoziţie, exprimată în procente de masă — procentele de masă sînt egale cu raportul dintre masa m_i a unui component şi masa m a amestecului, raport exprimat în procente; $p_i = (m_i/m) \cdot 100$ — oxigen, $p_{O_2} = 75{,}5\%$; azot, $p_{N_2} = 23{,}14\%$; argon, $p_{Ar} = 1{,}28\%$. Să se calculeze căldurile specifice medii c_V, c_p şi exponentul adiabatic al aerului uscat. Se cunosc căldurile molare izocore ale componenţilor: $C_{V_{N_2}} = \frac{5}{2} R$, $C_{V_{O_2}} = \frac{5}{2} R$ şi $C_{V_{Ar}} = \frac{3}{2} R$; masa molară medie a aerului $\mu = 28{,}9$ kg/kmol. Masele molare ale componenţilor se iau din tabelul periodic al elementelor chimice $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.7. Să se calculeze capacitatea calorică a $\nu = 1$ kmol de apă. Se cunoaşte căldura specifică a apei $c = 4{,}18$ kJ/kg K.

2.3.8. Să se calculeze capacitatea calorică a unei bucăţi de cupru, avînd masa $m = 10$ kg. Să se calculeze apoi capacitatea calorică a $\nu = 1$ kmol de cupru. Se cunoaşte căldura specifică a cuprului $c = 380$ J/kg K.

2.3.9. Să se calculeze căldurile specifice ale: *a*) alamei — aliaj, avînd compoziţia exprimată în procente de masă: Cu 60% şi Zn 40%; *b*) constantanului — aliaj, de compoziţie Cu 55% şi Ni 45%. Se dau căldurile specifice $c_{Cu} = 380$ J/kg K, $c_{Zn} = 400$ J/kg K, $c_{Ni} = 460$ J/kg K.

2.3.10. Într-un cilindru cu piston se află o masă $m = 2{,}89$ kg de aer. Volumul ocupat de gaz la temperatura $t_1 = 0°C$ este $V_1 = 0{,}5$ m^3. Aerul absoarbe izobar căldura Q_p și se dilată pînă cînd volumul devine $V_2 = 0{,}55$ m^3. Să se afle:

a) lucrul mecanic L efectuat de gaz;
b) căldura Q_p absorbită;
c) variația temperaturii gazului;
d) variația energiei interne. Pentru aer $C_p = \frac{7}{2} R \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.11. Un gaz se destinde izobar dintr-o stare inițială, în care presiunea este $p_1 = 10^5 \text{N/m}^2$, într-o stare finală. Variația energiei interne în acest proces este $\Delta U = 500$ J. Să se afle cu cît crește volumul gazului. Se cunoaște $C_V = \frac{5}{2} R \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.12. O masă de aer este încălzită izobar cu $\Delta T = 100$ K, absorbind cantitatea de căldură $Q_p = 8\,310$ J. Să se calculeze:

a) masa aerului;
b) lucrul mecanic efectuat;
c) variația energiei interne. Pentru aer $\mu = 28{,}9$ kg/kmol $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.13. O masă $m = 32 \cdot 10^{-3}$ kg de oxigen, aflat la temperatura $T_1 = 300$ K se dilată izobar de la volumul V_1 la volumul $V_2 = 3V_1$. Să se afle:

a) lucrul mecanic efectuat de gaz;
b) căldura absorbită;
c) variația energiei interne. Pentru oxigen $C_p = \frac{7}{2} R \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.14. O masă de azot $m = 28 \cdot 10^{-3}$ kg se află într-un cilindru cu piston. Masa pistonului este $m_1 = 1$ kg iar secțiunea $S = 10^{-3}$ m^2. Gazul este încălzit izobar pînă la temperatura $T_2 = 400$ K. În urma deplasării pistonului energia sa potențială a crescut cu $\Delta E_p = 100$ J. Cunoscînd presiunea atmosferică $p_0 = 10^5$ N/m^2 și $C_p = \frac{7}{2} R$, să se afle: *a*) volumul inițial ocupat de gaz, *b*) temperatura inițială T_1, *c*) lucrul mecanic efectuat, *d*) căldura absorbită, *e*) variația energiei interne a gazului $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.15. Într-un cilindru cu piston mobil, fără frecare, se află o masă $m = 3{,}2$ kg de oxigen (O_2). Pentru a mări temperatura gazului cu $\Delta T = 5$ K este nevoie de căldura $Q_p = 14{,}72$ kJ. Să se afle: *a*) căldura specifică izobară a oxigenului, *b*) lucrul mecanic efectuat de gaz, *c*) variația energiei interne $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.16. Într-un cilindru, avînd pistonul blocat, se află o masă $m = 3{,}2$ kg de oxigen (O_2). Pentru a ridica temperatura gazului cu $\Delta T = 5$ K este nevoie de cantitatea de căldură $Q_V = 10{,}57$ kJ. Să se afle:

a) căldura specifică izocoră a oxigenului, *b*) variația energiei interne.

2.3.17. Un gaz, avînd masa m și masa molară μ, este încălzit cu ΔT grade: 1) la presiune constantă și 2) la volum constant. Să se afle: *a*) diferența $Q_p - Q_V$ dintre căldurile necesare în cele două procese, *b*) diferența dintre căldurile specifice la presiune și la volum constant $c_p - c_V$ $\left(R = 8{,}3 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.18. Într-un balon închis se află un număr $\nu = 1$ kmol de oxigen la temperatura $T_1 = 300$ K. Să se afle cantitatea de căldură Q_V care trebuie transmisă gazului pentru ca presiunea lui să crească de $n = 3$ ori. Pentru oxigen $C_V = \frac{5}{2} R$.

2.3.19. Un gaz perfect ocupă volumul $V_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ m^3 la temperatura $T_1 = 300$ K și presiunea $p_1 = 10^5 \text{N/m}^2$. Să se calculeze:

a) temperatura finală;
b) căldura absorbită;
c) lucrul mecanic efectuat;
d) variația energiei interne. Se cunoaște $C_V = \frac{5}{2} R \left(R = 8{,}3 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.20. Un gaz, avînd căldura molară izocoră $C_V = \frac{5}{2} R$, ocupă volumul $V_1 = 10^{-2}$ m^3, la presiunea $p_1 = 10^5$ N/m^2 și temperatura $T_1 = 300$ K. Gazul este încălzit izocor pînă la temperatura $T_2 = 320$ K, apoi izobar pînă la temperatura $T_3 = 350$ K. Să se afle pentru procesul 1—3:

a) căldura absorbită de gaz;
b) lucrul mecanic efectuat;
c) variația energiei interne $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.21. Presiunea unui gaz, ce ocupă volumul $V_1 = 2$ m^3, scade izoterm de la valoarea $p_1 = 8 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$ la valoarea $p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$. Să se afle:

a) lucrul mecanic efectuat de gaz;
b) căldura absorbită;
c) variația energiei interne.

2.3.22. O masă $m = 2{,}8$ kg de azot (N_2) aflată în condiții fizice normale este comprimată izoterm pînă la un volum final $V_2 = V_1/2$. Să se afle:

a) presiunea și volumul final;
b) lucrul mecanic și căldura ce intervin în acest proces;
c) variația energiei interne a gazului $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.23. Un gaz, avînd masa $m = 1{,}6$ kg, este închis într-un cilindru cu piston. Presiunea gazului la temperatura $T_1 = 300$ K este $p_1 = 5 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$. Gazul este comprimat izoterm pînă la presiunea $p_2 = 2p_1$, iar lucrul mecanic cheltuit este $L = -0{,}693 \cdot 10^5$ J. Să se afle:

a) masa molară a gazului;
b) volumul gazului în starea inițială;

c) căldura degajată prin comprimare;

d) variația energiei interne $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.24. O masă de azot (N_2) $m = 1{,}4$ kg aflată la temperatura $T_1 = 362$ K se destinde adiabatic, efectuînd lucrul mecanic $L = 8{,}3$ kJ. Să se afle:

a) temperatura finală a gazului;
b) variația energiei interne;
c) căldura schimbată. Pentru azot $C_V = \frac{5}{2} R \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.25. Aerul ce ocupă volumul $V_1 = 5 \cdot 10^{-2}$ m^3 se destinde adiabatic pînă la volumul $V_2 = 0{,}1$ m^3 și presiunea $p_2 = 2 \cdot 10^5$N/m^2. Să se afle:

a) presiunea inițială;
b) lucrul mecanic efectuat de gaz;
c) variația energiei interne;
d) căldura schimbată. Pentru aer $C_V = \frac{5}{2} R$.

2.3.26. O masă de azot (N_2) $m = 2$ kg, ce ocupă volumul $V_1 = 0{,}83$ m^3 la temperatura $T_1 = 280$ K este supusă unei comprimări adiabatice. În urma acestui proces temperatura gazului devine $T_2 = 500$ K iar presiunea $p_2 = 15{,}2 \cdot 10^5$N/m^2. Să se afle:

a) exponentul adiabatic $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ pentru azot;
b) lucrul mecanic efectuat de gaz;
c) variația energiei interne;
d) căldura schimbată $\left(R = 8{,}3 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.27. O masă $m = 4{,}4$ kg de CO_2, aflată la temperatura $T_1 = 290$ K și presiunea $p_1 = 2 \cdot 10^5$N/m^2 este comprimată adiabatic pînă la o presiune p_2, astfel încît energia internă a gazului variază cu $\Delta U = 108$ kJ. După comprimare gazul se destinde izoterm. Să se afle parametrii gazului în starea finală dacă, în procesul izoterm, căldura absorbită este egală cu variația energiei interne în procesul adiabatic. Pentru bioxid de carbon $\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 1{,}4 \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.28. O masă dată de azot trece din starea inițială, caracterizată de $p_1 = 10^5$N/m^2 și $V_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ m^3 în starea finală, caracterizată de $p_2 = 3 \cdot 10^5$N/m^2 și $V_2 = 2 \cdot 10^{-3}$ m^3, prin două procese distincte: a) o transformare izocoră, urmată de o transformare izobară, b) o transformare izobară urmată de o transformare izocoră. Să se afle pentru cele două procese:

1) variația energiei interne;
2) căldura schimbată;
3) lucrul mecanic. Pentru azot molecular $C_V = \frac{5}{2} R \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.29. Un gaz, de masă dată, este comprimat de la volumul V_1 pînă la volumul $V_2 = V_1/n$, în două moduri:
a) izoterm și b) adiabatic. Să se afle raportul dintre lucrul mecanic necesar comprimării adiabatice și cel necesar comprimării izoterme. Se va considera $n = 5$ și $C_V = \frac{5}{2} R \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.30. Un gaz, de masă dată, trece din starea inițială, caracterizată de parametrii $p_1 = 10^5$N/m^2 și $V_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ m^3, în starea finală, caracterizată de parametrii $p_2 = 3 \cdot 10^5$N/m^2 și $V_2 = 2 \cdot 10^{-3}$ m^3 prin două procese distincte: a) o transformare adiabatică, urmată de o transformare izocoră, b) o transformare izocoră, urmată de o transformare adiabatică. Să se afle pentru cele două procese:

1) variația energiei interne;
2) căldura schimbată;
3) lucrul mecanic;
4) să se reprezinte grafic procesele a) și b). Se consideră căldura molară izocoră $C_V = \frac{5}{2} R \left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

2.3.31. Un gaz de masă dată și căldura molară izocoră $C_V = \frac{5}{2} R$, gaz care ocupă volumul $V_1 = 50 \cdot 10^{-3}$ m^3 la presiunea $p_1 = 3 \cdot 10^5$N/m^2, este supus unui șir de transformări simple succesive: a) încălzire izocoră pînă cînd presiunea devine $p_2 = 2p_1$, b) destindere izotermă pînă cînd presiunea devine $p_3 = p_1$, c) răcire izobară pînă cînd $V_4 = V_1$. Să se reprezinte grafic procesul în coordonate p, V. Să se afle pentru fiecare transformare:

1) lucrul mecanic;
2) variația energiei interne;
3) căldura schimbată $\left(R = 8{,}31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol K}}\right)$.

MĂSURAREA CĂLDURII. CALORIMETRIE

2.3.32. Să se afle temperatura T a apei, obținută prin amestecarea unei mase de apă $m_1 = 39$ kg, aflată la temperatura $T_1 = 333$ K, cu masa de apă $m_2 = 21$ kg, aflată la temperatura $T_2 = 293$ K.

2.3.33. Să se afle masele m_1 și m_2 de apă, aflate la temperaturile $T_1 = 293$ K și respectiv $T_2 = 373$ K care trebuie amestecate pentru a obține o masă $m = 300$ kg de apă la temperatura $T = 310$ K.

2.3.34. Într-un calorimetru de alamă, avînd masa $m_1 = 0{,}2$ kg, se află apă, avînd masa $m_2 = 0{,}3$ kg, la temperatura $T_1 = 360$ K. În calorimetru se introduce o bucată de fier, avînd masa $m_3 = 0{,}1$ kg și temperatura $T_3 = 300$ K. Să se afle temperatura de echilibru care se stabilește în calorimetru. Se cunosc $c_{alamă} = 380$ J/kg K, $c_{apă} = 4\,180$ J/kg K, $c_{fier} = 460$ J/kg K.

2.3.35. Un calorimetru de aluminiu avînd masa $m_1 = 4 \cdot 10^{-2}$ kg conține apă avînd masa $m_2 = 0{,}24$ kg, la temperatura $T_1 = 288$ K. În apa din calorimetru este introdusă o bucată de plumb, de masă $m_3 = 0{,}1$ kg, la

temperatura $T_3 = 373$ K. Temperatura de echilibru din calorimetru devine $T = 289$ K. Să se afle căldura specifică a plumbului. Se cunosc $c_{Al} = 920$ J/kg K, $c_{apă} = 4180$ J/kg K.

2.3.36. Într-un vas calorimetric din alamă, de masă $m_1 = 0,2$ kg se află o masă $m_2 = 0,4$ kg ulei de parafină la temperatura $T_2 = 283$ K. În vas este adăugată o masă $m_3 = 0,4$ kg de ulei la temperatura $T_3 = 304$ K. Să se afle căldura specifică a uleiului dacă temperatura de echilibru din calorimetru este $T = 293$ K şi căldura specifică a alamei este $c_1 = 9\,400$ J/kg K.

PRINCIPIUL AL DOILEA AL TERMODINAMICII

2.3.37. O maşină termică ideală funcţionează după ciclul Carnot. Maşina produce în timpul unui ciclu un lucru mecanic $L = 4,9$ kJ şi cedează sursei reci căldura $Q_2 = 22,6$ kJ. Să se afle randamentul ciclului.

2.3.38. O maşină termică ideală funcţionează după ciclul Carnot între temperaturile $T_1 = nT_2$. Să se afle a cîta parte din căldura primită de la sursa caldă într-un ciclu este cedată sursei reci. Caz particular $n = 3$.

2.3.39. Un gaz ce efectuează un ciclu Carnot absoarbe într-un ciclu de la sursa caldă căldura $Q_1 = 60$ kJ şi efectuează lucrul mecanic $L = 20$ kJ. Să se afle de cîte ori temperatura sursei calde este mai mare decît temperatura sursei reci.

2.3.40. O maşină termică ideală, ce funcţionează după un ciclu Carnot între temperaturile $T_1 = 400$ K şi $T_2 = 300$ K produce în timpul unui ciclu lucrul mecanic $L = 80$ kJ. Să se afle: *a*) randamentul ciclului, *b*) căldura primită pe ciclu de la sursa caldă, *c*) căldura cedată sursei reci într-un ciclu.

2.3.41. O maşină termică ideală funcţionează după un ciclu Carnot reversibil între temperaturile sursei calde $T_1 = 1172$ K şi a sursei reci $T_2 = 293$ K, avînd substanţă de lucru o masă $m = 2$ kg de aer. Presiunea aerului la sfîrşitul destinderii izoterme este egală cu presiunea aerului la începutul comprimării adiabatice. Cunoscînd că un ciclu se efectuează în timpul $t = 1$ s, să se afle: *a*) puterea consumată de maşină; *b*) puterea utilă a maşinii. Pentru aer $\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 1,4$ ($R = 8,31 \cdot 10^3$ J/kmol K).

2.3.42. Un kmol de gaz perfect, avînd căldura molară izocoră $C_V = \frac{3}{2}R$, participă la o transformare ciclică, formată din două izocore de ecuaţii $V_1 = 25$ m^3 şi $V_2 = 50$ m^3 şi două izobare de ecuaţii $p_1 = 1 \cdot 10^5$N/m^2 şi $p_2 = 2\,p_1$. Să se afle de cîte ori lucrul mecanic efectuat în acest ciclu L este mai mic decît lucrul efectuat într-un ciclu Carnot, L_C, care ar funcţiona între temperaturile maximă respectiv minimă, atinse în ciclul considerat, dacă gazul primeşte în cele două cicluri aceeaşi cantitate de căldură de la sursa caldă ($R = 8,31 \cdot 10^3$ J/kmol K).

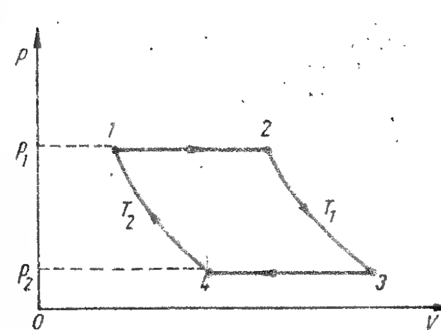


Fig. 2.3.43

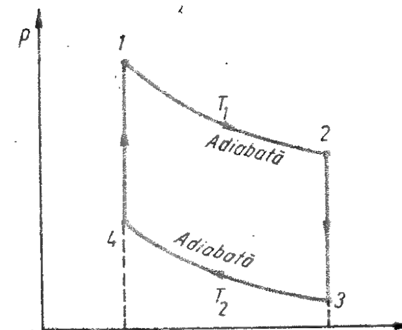


Fig. 2.3.44

2.3.43. Să se calculeze randamentul unei maşini ce funcţionează după un ciclu format din două izoterme $T_1 =$ const., $T_2 =$ const. ($T_1 > T_2$) şi două izobare $p_1 =$ const., $p_2 =$ const. ($p_1 > p_2$), substanţa de lucru fiind aerul pentru care C_p este cunoscut (fig. 2.3.43). Să se compare rezultatul cu randamentul ciclului Carnot ce ar funcţiona între temperaturile T_1 şi T_2 ($R = 8,31 \cdot 10^3$ J/kmol·K).

2.3.44. Să se calculeze randamentul unei maşini ce funcţionează după un ciclu format din două izoterme $T_1 =$ const; $T_2 =$ const., $T_1 > T_2$ şi două izocore $V_1 =$ const., $V_2 =$ const., $V_2 > V_1$ (fig. 2.3.44), substanţa de lucru fiind aerul pentru care C_V este cunoscut. Să se compare rezultatul cu randamentul ciclului Carnot realizat între aceleaşi temperaturi ($R = 8,31 \cdot 10^3$J/kmol K).

2.3.45. În figura 2.3.45 este reprezentat ciclul de funcţionare a motorului cu aprindere prin scînteie (motorul Otto), format din două izocore 2—3 şi 4—1 şi două adiabate 1—2 şi 3—4. Să se afle randamentul motorului dacă se cunoaşte raportul de compresie a substanţei de lucru $V_1/V_2 = 8$ şi exponentul adiabatic $\gamma = 1,4$.

2.3.46. Un motor termic cu aprindere prin scînteie funcţionează după ciclul Otto (fig. 2.3.45). Substanţa de lucru este un gaz perfect, avînd masa $m = 1$ kg şi masa molară $\mu = 28$ kg/kmol. Cunoscînd $T_1 = 373$ K, $p_1 = 10^5$N/m^2, $n = \frac{V_1}{V_2} = 6$, $k = \frac{p_3}{p_2} = 1,6$, $\gamma = 1,4$ să se afle:

a) parametrii gazului în stările 1, 2, 3 şi 4;

b) randamentul motorului ($R = 8,31 \cdot 10^3$ J/kmol K).

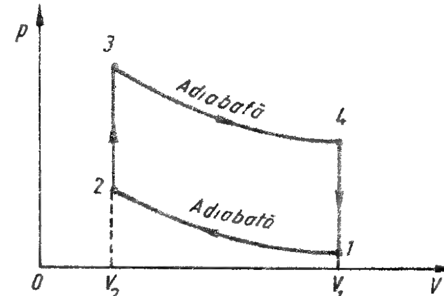


Fig. 2.3.45

2.3.47. Un motor Diesel în patru timpi funcţionează după ciclul reprezentat în figura 2.3.47. Substanţa de lucru este aerul pentru care $\gamma = \frac{C_p}{C_V} = 1,4$. Se cunosc parametrii gazului în starea 1: $T_1 = 310$ K, $p_1 = 10^5$N/m^2, $V_1 = 1$ m^3, raportul

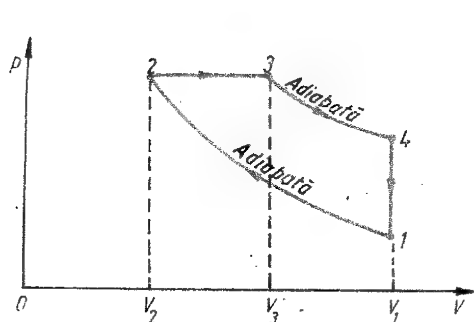


Fig. 2.3.47

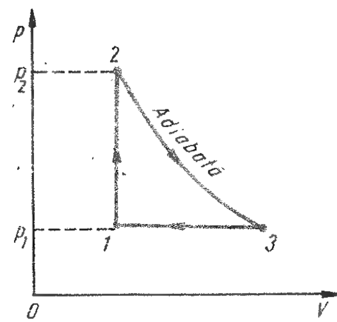


Fig. 2.3.48

de compresie adiabatică $n = \frac{V_1}{V_2} = 12$ şi raportul de destindere preliminară $k = \frac{V_3}{V_2} = 2$. Să se afle:

a) valorile parametrilor gazului în stările 2, 3 şi 4;

b) randamentul ciclului.

2.3.48. Să se afle randamentul unei maşini termice care funcţionează după ciclul lui Lenour, figura 2.3.48, parametrul ciclului fiind coeficientul de creştere a presiunii substanţei de lucru $\delta = \frac{p_2}{p_1}$. Se cunoaşte indicele adiabatic al substanţei de lucru $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$.

CAPITOLUL 4

TEORIA CINETICO-MOLECULARĂ

2.4.1. Un vas conţine heliu. Densitatea gazului este $\rho = 0{,}12$ kg/m^3, iar presiunea $p = 10^5$N/m^2. Să se afle energia medie a mişcării de translaţie a unei molecule de heliu aflat în condiţiile date $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

2.4.2. Să se afle presiunea la care se află un gaz, cunoscînd că densitatea sa este $\rho = 0{,}3$ kg/m^3 iar viteza termică a moleculelor este $v_T = \sqrt{\overline{v^2}} = 500$ m/s $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

2.4.3. Să se afle concentraţia moleculelor de oxigen şi densitatea oxigenului dacă se cunoaşte presiunea $p = 10^5$N/m^2 şi viteza termică a moleculelor de oxigen $v_T = 600$ m/s $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molec.}}{\text{kmol}}\right)$.

2.4.4. Într-o butelie se află o masă $m = 7{,}2$ kg de acetilenă (C_2H_2). Densitatea acetilenei este $\rho = 18$ kg/m^3, iar viteza termică a moleculelor este $v_T = 500$ m/s. Să se afle:

a) presiunea gazului;

b) energia cinetică medie a mişcării de translaţie a unei molecule;

c) energia de translaţie medie a tuturor moleculelor $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}};\ k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \text{J/K}\right)$.

2.4.5. Într-un balon de volum $V = 10^{-3}$m^3 se află azot la presiunea $p = 2 \cdot 10^5$N/m^2. Concentraţia moleculelor de azot din vas este $n = 6 \cdot 10^{25}$m^{-3}. Să se afle:

a) energia medie a mişcării de translaţie a unei molecule de azot;

b) energia tuturor moleculelor din vas;

c) viteza termică a moleculelor de azot;

d) densitatea gazului $\left(N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

2.4.6. Într-un vas se află închis un amestec gazos format din oxigen şi hidrogen. Să se afle:

a) raportul dintre vitezele termice ale moleculelor de hidrogen şi de oxigen;

b) raportul dintre energiile cinetice medii de translaţie.

2.4.7. Să se afle presiunea unui gaz dacă un volum $V = 1$ m^3 de gaz conţine un număr $N = 2{,}5 \cdot 10^{28}$ molecule la temperatura $T = 300$ K ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

2.4.8. Să se afle temperatura unui gaz dacă într-un volum $V = 10^{-6}$m^3 se află un număr $N = 10^{20}$ molecule la presiunea $p = 1{,}38 \cdot 10^5$N/m^2. Cum se va modifica presiunea gazului dacă jumătate din numărul de molecule conţinute de gaz sînt înlocuite cu moleculele unui alt gaz, avînd masa molară mai mare, volumul şi temperatura rămînînd neschimbate ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

2.4.9. În condiţii de laborator gazele pot fi puternic rarefiate, astfel încît presiunea gazului este foarte coborîtă (starea de rarefiere a gazului poartă denumirea de vid). Să se afle cîte molecule de gaz sînt conţinute într-un volum $V = 1$ m^3 la temperatura $T = 300$ K, dacă presiunea gazului rarefiat este $p = 1{,}38 \cdot 10^{-9}$N/m^2 ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

2.4.10. Un balon de volum $V = 2 \cdot 10^{-3}$m^3 conţine azot la temperatura $T = 300$ K şi presiunea $p = 1{,}38 \cdot 10^{-4}$N/m^2. Să se afle:

a) numărul moleculelor de azot din vas;

b) masa azotului din vas;

c) energia mişcării de translaţie a tuturor moleculelor din vas $\left(k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\ \text{J/K};\ N_A = 6{,}023 \cdot 10^{26} \frac{\text{molecule}}{\text{kmol}}\right)$.

2.4.11. Într-un balon de volum $V = 5 \cdot 10^{-4}$m^3 se află un amestec gazos format din: $N_1 = 10^{15}$ molecule de oxigen, $N_2 = 4 \cdot 10^{15}$ molecule de azot şi $N_3 = 4{,}9 \cdot 10^{15}$ molecule de argon (Ar), la temperatura $T = 400$ K. Să se afle:

a) presiunea amestecului;

b) masa molară a amestecului;

c) energia medie a mişcării de translaţie a tuturor moleculelor din amestec ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

2.4.12. Într-un cilindru cu piston mobil se află o masă $m = 3 \cdot 10^{-2}$ kg dintr-un gaz ideal, avînd volumul $V_1 = 2 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$ și presiunea $p_1 = 10^5\text{N/m}^2$. Gazul din cilindru este adus într-o nouă stare în care are presiunea $p_2 = 2 \cdot 10^5\text{N/m}^2$ și volumul $V_2 = 4 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$. Să se afle:

a) de cîte ori crește energia cinetică medie a unei molecule;

b) de cîte ori crește viteza termică a moleculelor;

c) viteza termică a moleculelor în starea a doua.

2.4.13. O masă oarecare de azot se află la temperatura $T = 300$ K și la presiunea $p = 10^5\text{N/m}^2$. Energia cinetică medie a moleculelor gazului este $E = 6{,}3$ J. Să se afle:

a) numărul total de molecule;

b) masa gazului;

c) volumul gazului ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

2.4.14. Într-un balon, de volum $V = 25 \cdot 10^{-2}\text{m}^3$, se află un amestec gazos, format din bioxid de carbon și vapori de apă, la temperatura $T = 600$ K. Numărul moleculelor de bioxid de carbon este $N_1 = 6{,}6 \cdot 10^{21}$, iar numărul moleculelor de vapori de apă este $N_2 = 0{,}9 \cdot 10^{21}$. Să se afle:

a) presiunea exercitată asupra pereților vasului;

b) energia cinetică medie de translație a moleculelor din vas ($k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

2.4.15. Într-un balon de volum $V_1 = 10^{-3}\text{m}^3$ se află un număr $N = 1{,}62 \cdot 10^{23}$ molecule de gaz, la temperatura $T_1 = 400$ K. Să se afle presiunea din balon după ce gazul se destinde izoterm pînă la volumul $V_2 = nV_1$ (se va lua $n = 4$; $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ J/K).

CAPITOLUL 5

DILATAREA CORPURILOR

2.5.1. Lungimea unei sîrme din oțel, la temperatura $T_0 = 273$ K este $l_0 = 10$ m. Să se afle lungimea sîrmei la temperatura $T = 473$ K ($\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.2. Un fir de cupru, pentru transportul energiei electrice, suspendat între doi stîlpi de susținere, are lungimea l_1 de 60 m la temperatura $T_1 = 283$ K. Să se afle cu cît variază lungimea firului cînd temperatura: *a*) crește la $T_2 = 313$ K; *b*) scade la $T_3 = 242$ K ($\alpha_{cupru} = 17 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.3. O bară de oțel, avînd lungimea $l_0 = 60$ cm la temperatura $T_0 = 273$ K este introdusă într-un cuptor și încălzită. În felul acesta bara se alungește cu 6,5 mm. Să se afle temperatura cuptorului ($\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.4. O riglă de oțel este gradată la temperatura de 273 K. Se măsoară cu această riglă lungimea unui corp, la temperatura de 300 K și se găsește valoarea $l = 1\,123$ mm. Să se afle lungimea corpului la temperatura de etalonare a riglei, admițînd că acesta nu se dilată sensibil ($\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$)

2.5.5. Două bare, una de oțel și alta de cupru, sînt sudate cap la cap. La temperatura T_0, lungimea sistemului este L_0. La temperatura T_1, lungimea este L_1. Să se afle lungimea fiecărei bare la temperatura T_0, l_{01} și l_{02}. Se dă: $\alpha_1 = \alpha_{oțel}$; $\alpha_2 = \alpha_{Cu}$.

2.5.6. O bară de cupru aflată la temperatura de 273 K este cu 28 cm mai lungă decît o bară de aluminiu aflată la aceeași temperatură. Să se afle care trebuie să fie lungimile celor două bare, l_{01} și l_{02} la 273 K, astfel încît diferența de lungime între bare să rămînă aceeași la orice temperatură ($\alpha_1 = \alpha_{Al} = 22 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$, $\alpha_2 = \alpha_{Cu} = 17 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.7. Lungimea coloanei de mercur dintr-un barometru, măsurată cu o riglă de alamă, la temperatura T_1 este H_1 cm. Să se afle ce lungime H_0 are coloana de mercur la 273 K. Se cunosc coeficienții de dilatare α_1 pentru alamă și α_2 pentru mercur. Se presupune că rigla este etalonată la 273 K.

2.5.8. Diametrul interior al unui inel de cupru, la temperatura $T_0 = 273$ K este $d_0 = 0{,}5$ cm. La ce temperatură, T, trebuie adus inelul pentru ca prin el să poată trece o sferă avînd diametrul $d = 5{,}01$ cm ($\alpha_{Cu} = 17 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.9. Să se afle forța de întindere F ce trebuie aplicată unei tije de oțel cu secțiunea 1 cm², pentru a-i produce aceeași alungire ca și în cazul încălzirii tijei cu $\Delta T = 1$ K ($\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$; $E = 22 \cdot 10^{10}\ \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$).

2.5.10. Roțile de tramvai se îmbracă într-un bandaj de oțel pentru protecție. Ce forță, F, ia naștere în bandaj la temperatura de 293 K, dacă el a fost montat pe roată la cald, la temperatura de 573 K, iar secțiunea sa este de 20 cm² ($E_{oțel} = 22 \cdot 10^{10}\ \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$; $\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$)?

2.5.11. O bară de oțel are capetele în plan orizontal, fixate între doi pereți de beton. Să se calculeze presiunea pe care o exercită bara asupra pereților, dacă temperatura ei crește cu 30 K ($E_{oțel} = 22 \cdot 10^{10}\ \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$; $\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.12. O bucată de tablă de oțel are aria suprafeței de 2 m² la temperatura de 273 K. După încălzire aria suprafeței crește cu $6 \cdot 10^3$ mm². Să se afle cu cîte grade s-a modificat temperatura în acest timp ($\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.13. O sferă de cupru are diametrul de 200 mm la temperatura de 273 K. Să se determine variația volumului sferei cînd temperatura crește la 373 K ($\alpha_{cupru} = 17 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$).

2.5.14. Un borcan de sticlă are volumul $V = 3\,500$ cm³ la temperatura $T = 323$ K. Cu cît se micșorează volumul borcanului dacă acesta s-a răcit la temperatura $T_1 = 283$ K ($\alpha_{sticlă} = 9 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$)?

2.5.15. Să se afle densitatea aurului încălzit pînă la temperatura de topire ($T_{topire} = 1\,337$ K; $\rho_{Au} = 19\,300\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ la 293 K; $\alpha_{Au} = 14 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$).

2.5.16. Să se afle masa unui cilindru de oțel ce are volumul $V = 425$ cm³ la temperatura de 273 K ($\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$; $\rho_{oțel} = 7\,900\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ la 293 K).

2.5.17. Să se afle densitatea oțelului la temperaturile $T_1 = 543$ K și $T_2 = 343$ K ($\alpha_{oțel} = 11 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$; $\rho_{oțel} = 7\,900\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, la temperatura camerei).

2.5.18. Un vas, avînd volumul $V_0 = 250$ cm³ la temperatura de 273 K, este umplut cu un lichid. Vasul și lichidul se încălzesc pînă la temperatura $T = 373$ K, și se constată că din vas s-a scurs lichid, avînd volumul $\Delta V = 3{,}5$ cm³. Să se afle coeficientul mediu de dilatare al lichidului. Dilatarea vasului se neglijează.

2.5.19. Într-un rezervor cilindric așezat vertical se află petrol la temperatura $T_1 = 263$ K, nivelul petrolului în rezervor fiind $h = 6$ m.

a) Să se afle nivelul petrolului la temperatura $T_2 = 293$ K;

b) La ce temperatură petrolul se va revărsa din rezervor, dacă la temperatura de 263 K nivelul petrolului era cu 24 cm mai jos față de marginea rezervorului? Dilatarea rezervorului se neglijează ($\gamma_{petrol} = 10^{-3}$ K^{-1}).

2.5.20. Un vas, avînd volumul V_0 de 20 litri la temperatura de 273 K este umplut complet cu ulei de transformator la aceeași temperatură. Să se afle coeficientul de dilatare aparentă a uleiului de transformator dacă în urma încălzirii sistemului pînă la temperatura $T = 353$ K se scurg din vas 0,85 litri ulei.

2.5.21. Două vase comunicante sînt umplute cu un lichid, avînd temperatura T_1. Unul din vase împreună cu lichidul din el este încălzit pînă la temperatura T_2. Înălțimea lichidului în acest vas devine h_2, iar în celălalt h_1. Să se afle coeficientul de dilatare volumică a lichidului.

2.5.22. Să se afle volumul inițial al rezervorului unui termometru cu mercur, V_0, dacă știm că la temperatura de 273 K mercurul ocupă în întregime rezervorul termometrului; volumul inițial al capilarului, între diviziunea 0 și 100 este $v_0 = 3$ mm^3 ($\gamma_{Hg} = 18{,}2 \cdot 10^{-5}$K^{-1}; $\alpha_{sticlă} = 9 \cdot 10^{-6}$K^{-1}).

2.5.23. Un vas cilindric de cuarț, de volum $V_0 = 1$ litru și diametru $d_0 = 6$ cm este umplut pînă la jumătate cu apă. În vas se introduce o sferă din ebonită de volum $V_1 = 100$ cm^3. Să se afle cu cît crește nivelul apei în vas cînd sistemul este încălzit de la temperatura $T_1 = 283$ K la temperatura $T_2 = 343$ K. Dilatarea cuarțului poate fi neglijată ($\gamma_{apă} = 1{,}5 \cdot 10^{-4}$K^{-1}; $\gamma_{ebonită} = 7 \cdot 10^{-5}$K^{-1}, $\rho_{eb} > \rho_{apă}$).

2.5.24. Într-un vas de cuarț, de volum $V_1 = 2{,}5$ litri este introdus un cilindru de alamă, de masă $m = 8{,}5$ kg. Vasul este apoi umplut cu apă. Dacă sistemul este încălzit cu 3 K, nivelul apei în vas nu se modifică. Să se afle coeficientul de dilatare volumică a apei ($\alpha_{cuarț} = 7{,}5 \cdot 10^{-4}$ K^{-1}; $\gamma_{ebonită} = 7 \cdot 10^{-5}$K^{-1}; $\alpha_{alamă} = 18{,}5 \cdot 10^{-6}$K^{-1}; $\rho_{alamă} = 8\,500$ kg $\cdot$ m^{-3}).

CAPITOLUL 6

FENOMENE SUPERFICIALE

2.6.1. O ramă de sîrmă subțire de forma unui triunghi echilateral, cu latura de 4 cm și $G = 1{,}95 \cdot 10^{-2}$ N este așezată cu grijă pe suprafața liberă a apei dintr-un vas. Să se afle:

a) valoarea forței ce menține rama la suprafața apei;

b) forța necesară pentru ridicarea ramei de sub suprafața apei ($\sigma_{apă} = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m).

2.6.2. Un cub de plută, cu latura de 2 cm. plutește la suprafața apei. Să se afle adîncimea de scufundare a cubului în apă ($\rho_{plută} = 200$ kg m^{-3}; $\sigma_{apă} = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m).

2.6.3. Pe un cadru metalic cu aria de 40 cm^2 este formată o peliculă de apă cu săpun. Să se afle cu cît se modifică energia peliculei dacă aria cadrului se micșorează la jumătate. Procesul se consideră izoterm ($\sigma = 48 \cdot 10^{-3}$ N/m).

2.6.4. Să se afle energia potențială superficială a unei bule de apă cu săpun de diametru $d = 50$ mm ($\sigma = 48 \cdot 10^{-3}$ N/m).

2.6.5. Pentru măsurarea coeficientului de tensiune superficială a alcoolului se folosește o biuretă avînd diametrul de 1,6 mm, așezată vertical, din care alcoolul curge formînd picături. S-a constatat prin cîntărire că masa a 100 picături este de 1,02 g. Să se calculeze coeficientul de tensiune superficială a alcoolului.

2.6.6. Dintr-o biuretă, avînd diametrul de 2 mm, curge benzină sub formă de picături care se succed la un interval, τ, de 1 s. În cît timp se scurge un volum de benzină egal cu 25 cm^3 ($\rho_{benzină} = 800$ kg $\cdot$ m^{-3}; $\sigma_{benzină} = 23{,}7 \cdot 10^{-3}$ N/m).

2.6.7. Pentru măsurarea coeficientului de tensiune superficială a apei se folosește un dinamometru de care este prins un inel metalic. Inelul este așezat pe suprafața apei, apoi este desprins prin ridicarea dinamometrului. La desprinderea inelului de suprafața apei, dinamometrul indică forța $F = 0{,}15$ N. Masa inelului este $m = 5{,}7$ g, iar diametrul mediu este de 200 mm. Să se afle coeficientul de tensiune superficială pentru apă.

2.6.8. Să se calculeze coeficientul de tensiune superficială a unui lichid dacă știm că pentru desprinderea de la suprafața lui a unei rame metalice, de forma unui pătrat cu latura de 8,75 cm și masa de 2 g este nevoie de o forță $F = 0{,}035$ N.

2.6.9. Un tub capilar de diametru $d = 0{,}15$ mm este scufundat vertical în alcool. Înălțimea la care se ridică alcoolul în tub este $h = 7{,}6$ cm la temperatura $T = 293$ K. Să se calculeze coeficientul de tensiune superficială a alcoolului ($\rho_{alcool} = 970$ kg $\cdot$ m^{-3}).

2.6.10. Înălțimea la care urcă apa în trei tuburi capilare este respectiv $h_1 = 2{,}5$ cm, $h_2 = 50$ mm și $h_3 = 80$ mm, la temperatura $T = 293$ K. Să se afle diametrele tuburilor capilare ($\sigma_{apă} = 73 \cdot 10^{-3}$ N/m).

2.6.11. Un tub capilar are diametrul $d = 0{,}2$ mm. Să se afle:

a) înălțimea la care urcă petrolul în capilar;

b) adîncimea la care coboară nivelul mercurului în capilar;

c) lucrul mecanic efectuat de forțele superficiale la ridicarea petrolului în tubul capilar și energia potențială a coloanei de petrol ($\sigma_{petrol} = 24 \cdot 10^{-3}$ N/m; $\sigma_{Hg} = 47 \cdot 10^{-2}$ N/m; $\rho_{petrol} = 800$ kg $\cdot$ m^{-3}; $\rho_{Hg} = 13\,600$ kg $\cdot$ m^{-3}). Temperatura se consideră egală cu 293 K.

2.6.12. Un vas comunicant avînd forma literei U are ramurile formate din două tuburi capilare. Cel din stînga are diametrul 1 mm iar cel din dreapta 0,2 mm. Să se afle diferența între nivelul lichidului în cele două ramuri cînd în vas se află: *a*) apă; *b*) benzină; *c*) mercur. Temperatura se consideră egală cu 273 K ($\rho_{apă} = 1\,000$ kg $\cdot$ m^{-3}; $\rho_{benzină} = 800$ kg $\cdot$ m^{-3}; $\rho_{Hg} = 13\,600$ kg $\cdot$ m^{-3}).

CAPITOLUL 7

TRANSFORMĂRI DE FAZĂ

2.7.1. Să se afle căldura necesară pentru transformarea masei $m = 5$ kg apă, aflată la temperatura de 373 K, în vapori, la presiunea atmosferică normală ($\lambda_{apă} = 23 \cdot 10^5$ J/kg).

2.7.2. O piesă de cupru, aflată la temperatura de $T = 993$ K, este introdusă în apă, avînd masa $m_1 = 1{,}75$ kg și temperatura $T_1 = 291$ K. În urma schimbului de căldură, temperatura apei a crescut la $T_2 = 373$ K, iar o masă $m_2 = 75$ g de apă s-a evaporat. Să se afle masa m a piesei metalice ($c_{apă} = 4\,181$ J/kg · K; $c_{Cu} = 395$ J/kg · K; $\lambda_{apă} = 23 \cdot 10^5$ J/kg).

2.7.3. Pentru a încălzi $m_1 = 2{,}24$ kg de apă de la temperatura $T_1 = 292$ K la temperatura $T_2 = 373$ K s-au consumat $9{,}9 \cdot 10^5$ J. Știind că o parte din apă s-a transformat în vapori, să se afle această masă de apă ($\lambda_{apă} = 23 \cdot 10^5$ J · kg^{-1}).

2.7.4. Într-un distilator se află apă, avînd masa $m_1 = 48$ kg și temperatura $T_1 = 293$ K. Să se afle căldura necesară pentru a obține $m_2 = 20$ kg de apă distilată știind că randamentul instalației folosite este 15%.

2.7.5. Apa sub presiunea $p = 16$ atm fierbe la temperatura de 437 K. Să se afle:

a) căldura necesară evaporării în aceste condiții a 50 kg de apă, avînd temperatura inițială de 283 K;

b) masa de cărbune necesară pentru evaporarea apei dacă randamentul arzătorului este de 80%, iar prin arderea unui kg de cărbune se degajă căldura $q = 9{,}3 \cdot 10^6$ J ($c_{apă} = 4\,181$ J/kg · K; $\lambda_{apă} = 2\,049{,}35$ kJ/kg).

2.7.6. Pentru măsurarea căldurii latente de vaporizare (condensare) a apei s-a luat un calorimetru de cupru, de masă $m_1 = 0{,}2$ kg ce conține o masă $m_2 = 0{,}4$ kg de apă la temperatura $T_1 = 283$ K, în care au fost introduși vapori de apă la temperatura $T_2 = 373$ kg. Masa vaporilor ce se condensează este $m_3 = 0{,}021$ kg, iar temperatura calorimetrului cu apă devine $T = 313$ K. Să se determine căldura latentă de vaporizare a apei ($c_{Cu} = 395$ J/kg·K; $c_{apă} = 4\,181$ J/kg·K).

2.7.7. Să se afle căldura necesară pentru a transforma în vapori o bucată de gheață de masă $m = 125$ g, aflată la temperatura de 268 K ($c_g = 2\,090$ J/kg·K; $\lambda_{apă} = 23 \cdot 10^5$ J/kg; $\lambda_g = 34 \cdot 10^5$ J/kg; $c_{apă} = 4\,181$ J/kg·K).

2.7.8. Un calorimetru din aluminiu de masă $m_1 = 240$ g conține apă, avînd masa $m_2 = 360$ g, la temperatura $T_1 = 298$ K. În apă se introduce o bucată de gheață cu masa $m_3 = 20$ g și temperatura $T_0 = 273$ K. Dacă temperatura finală a sistemului format devine $T = 293$ K, să se calculeze căldura latentă de topire a gheții ($c_{Al} = 895$ J/kg·K; $c_{apă} = 4\,181$ J/kg·K).

2.7.9. Pe un bloc de gheață care se află la temperatura $T_1 = 253$ K se pune o bucată de fier, avînd masa $m_1 = 0{,}25$ kg și temperatura $T_2 = 353$ K. Să se calculeze ce masă de gheață, m_2, se topește astfel; se presupune că restul gheții rămîne la temperatura $T_1 = 253$ K ($c_g = 2\,090$ J/kg · K; $c_{Fe} = 497$ J/kg·K; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg).

2.7.10. Un agregat frigorific transformă $m_1 = 0{,}2$ kg de apă, la temperatura $T_1 = 288$ K, în gheață la temperatura $T_2 = 271$ K. Să se calculeze puterea folosită pentru procesul de înghețare, dacă acesta durează $t = 2{,}5$ ore ($c_{apă} = 4\,181$ J/kg·K; $c_g = 2\,090$ J/kg·K; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg).

2.7.11. Într-un vas se află $m_1 = 20$ kg la temperatura $T_1 = 283$ K. În apă se introduc $m_2 = 50$ kg plumb topit la temperatura de topire. Să se calculeze temperatura de echilibru a sistemului și să se traseze graficul $T = f(Q)$. Masa vasului se neglijează ($c_{plumb} = 125$ J/kg·K; $T_{top.\,Pb} = 600{,}3$ K; $\lambda_{plumb} = 25 \cdot 10^3$ J/kg; $c_{apă} = 4\,181$ J/kg·K).

2.7.12. Într-o adîncitură făcută într-un bloc de gheață, avînd temperatura $T_0 = 273$ K s-au turnat $m_1 = 0{,}058$ kg plumb topit la temperatura $T_1 = 600$ K. Să se afle masa de gheață care s-a topit dacă temperatura finală a plumbului devine $T_0 = 273$ K ($c_{Pb} = 125$ J/kg. K; $\lambda_{Pb} = 25$ kJ/kg; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg).

2.7.13. Un calorimetru avînd capacitatea calorică $C = 200$ J/kg conține o masă $m_1 = 0{,}5$ kg gheață la temperatura $T_1 = 263$ K. În calorimetru se toarnă $m_2 = 0{,}25$ kg apă la temperatura $T_2 = 333$ K. Să se determine starea finală a sistemului ($\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg; $c_g = 2\,090$ J/kg · K).

2.7.14. Într-un calorimetru se află $m_1 = 2$ kg de apă la temperatura $T_1 = 278$ K. În apă se introduce o bucată de gheață cu masa $m_2 = 5$ kg și temperatura $T_2 = 233$ K. Să se determine temperatura finală ce se stabilește în calorimetru și volumul ocupat de substanța din calorimetru. Capacitatea calorică a calorimetrului se neglijează. Se dau: $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg; $\rho_g = 917$ kg/m^3; $c_g = 2\,090$ J/kg · K; $c_a = 4\,181$ J/kg K.

2.7.15. O cadă, avînd volumul $V = 100$, litri trebuie umplută cu apă la temperatura $T = 303$ K. Pentru aceasta se folosește apă la temperatura $T_1 = 353$ K și gheață la temperatura $T_2 = 253$ K. Să se determine cantitatea de gheață folosită. Capacitatea calorică a căzii se neglijează. Se cunosc: $c_g = 2\,090$ J/kg · K; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg; $c_a = 4\,181$ J/kg K.

2.7.16. Într-un vas ce conține $m_1 = 10$ kg apă la temperatura $t_1 = 10$°C se introduce gheață la temperatura $T_2 = 223$ K. Apa din vas îngheață și la echilibru temperatura sistemului este $\theta = 269$ K. Să se determine masa de gheață introdusă în vas. Se neglijează capacitatea calorică a vasului ($c_{apă} = 4\,181$ J/kg · K; $c_g = 2\,090$ J/kg · K; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg).

2.7.17. Într-un vas se află o bucată de gheață, avînd greutatea $G_1 = 98$ N și temperatura $T_1 = 263$ K. Să se afle greutatea G_2 a apei din vas dacă sistemului i se transmite căldura $Q = 2 \cdot 10^7$ J. Capacitatea calorică a vasului se neglijează. Se cunosc: $c_{apă} = 4{,}2$ kJ/kg; $c_g = 2{,}1$ kJ/kg · K; $\lambda_t = 0{,}34$ MJ/kg; $\lambda_v = 2{,}3$ MJ/kg.

2.7.18. Într-o tavă cu lungimea $L = 24$ cm și lățimea $l = 20$ cm, în care se află un litru de apă la temperatura $T_1 = 298$ K, se toarnă $m = 0{,}8$ kg azot lichid la temperatura de fierbere a acestuia $T_2 = 77$ K. După evaporarea azotului lichid, apa din tavă s-a răcit, ajungînd la temperatura $T_0 = 273$ K și s-a acoperit cu o pojghiță de gheață la aceeași temperatură. Să se determine grosimea stratului de gheață considerînd că vaporii de azot părăsesc gheața la temperatura de 273 K. Se cunosc: $\lambda_{azot} = 0{,}2$ MJ · kg^{-1}; $c_{azot\ gazos} = 1{,}05$ kJ /kg · K; $\rho_g = 917$ kg/m^3; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg.

2.7.19. Într-un calorimetru se află un amestec de apă cu gheață la temperatura $T_0 = 273$ K. Masa apei este $m_1 = 0{,}5$ kg, iar masa gheții este $m_2 = 0{,}0544$ kg. În vas se introduc $m_3 = 6{,}6$ g vapori saturați de apă la temperatura $T = 373$ K. Să se determine θ, temperatura la echilibru termic al sistemului, presupunînd că se neglijează capacitatea calorică a vasului ($c_{apă} = 4\,181$ J/kg · K; $\lambda_{vaporizare} = 2{,}3$ MJ/kg; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg).

2.7.20. O metodă de răcire a unui lichid este metoda evaporării forțate sau intensive. Ea se realizează punînd sub un clopot de sticlă un vas cu apă (de exemplu), iar cu ajutorul unei pompe se evacuează aerul și vaporii de sub clopot. Să se calculeze:

a) fracțiunea din masa inițială a apei aflată la temperatura de 273 K, ce poate fi înghețată prin acest procedeu;

b) cunoscînd că masa de apă evaporată este 2,71 g, să se determine masa inițială a apei ($\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg; $\lambda_v = 2{,}3$ MJ/kg).

2.7.21. Două bucăți de gheață de aceeași masă se mișcă una spre cealaltă, cu aceeași viteză, într-un plan orizontal, fără frecări. Cele două bucăți de gheață se ciocnesc, iar după ciocnire se transformă în vapori. Să se determine viteza minimă cu care trebuie să se miște bucățile de gheață pentru ca procesul să aibă loc. Temperatura inițială a celor două bucăți de gheață este $T_1 = 261$ K ($\lambda_g = 0{,}34$ MJ/kg; $\lambda_v = 2{,}3$ MJ/kg; $c_a = 4\,181$ J/kg K; $c_g = 2\,090$ J/kg K).

2.7.22. De la înălțimea de 100 m este lansat vertical în jos un corp de plumb avînd temperatura $T = 500$ K. În urma ciocnirii neelastice cu suprafața pămîntului, corpul se topește. Să se calculeze cu ce viteză este lansat corpul, dacă jumătate din căldura degajată în urma ciocnirii este preluată de corp. Se cunosc: $T_{t\,Pb} = 600$ K; $c_{Pb} = 130$ J/kg · K; $\lambda_{t\,Pb} = 25$ kJ/kg.

2.7.23. Un glonte de plumb, avînd viteza inițială $v_1 = 430$ m/s și temperatura $T_1 = 323$ K, trece printr-un perete din lemn unde își reduce viteza la $v_2 = 200$ m/s. Căldura degajată în timpul acestui proces este preluată de glonte numai 50% și folosită pentru încălzirea acestuia. Să se calculeze: *a*) ce fracțiune exprimată în procente din masa glontelui se topește; *b*) dacă glontele s-ar opri în perete ce fracțiune din masa acestuia s-ar topi? ($\lambda_{Pb} = 25$ kJ/kg; $c_{Pb} = 130$ J/kg · K; $T_{topire\,Pb} = 600$ K.)

2.7.24. Un tren are masa $m = 100$ t și se mișcă orizontal cu viteza de 72 km/h. Să se afle ce masă de apă s-ar putea transforma în vapori, dacă s-ar folosi numai jumătate din căldura degajată la frînarea trenului pînă la oprire. Temperatura inițială a apei se consideră $T = 293$ K ($c_{apă} = 4\,181$ J/kg · K; $\lambda_v = 2{,}3$ MJ/kg).

2.7.25. Pe un plan înclinat cu unghiul de 60° alunecă un corp cu masa de 1 kg. Lungimea planului este de 6 m, iar coeficientul de frecare dintre corp și plan este de 0,2. La capătul planului se află un vas ce conține apă la temperatura de 273 K. Corpul cade în acest vas. Să se afle masa de gheață, cu temperatura de 273 K, ce trebuie introdusă în vas pentru ca după căderea corpului, temperatura în vasul calorimetric să nu se modifice. Se presupune că toată energia mecanică se transformă în căldură. Capacitatea calorică a vasului calorimetric se neglijează. Se cunosc: $c_{corp} = 130$ J/kg · K; $\lambda_g = 3{,}4 \cdot 10^5$ J/kg.

CAPITOLUL 8

ELECTROSTATICA

2.8.1. Care trebuie să fie sarcina electrică a două corpuri punctiforme pentru ca acestea să se respingă cu o forță $F = 1$ N, cînd se găsesc în petrol ($\varepsilon_r = 2$) la $r = 1$ m distanță unul de altul?

2.8.2. Două corpuri punctiforme A și B sînt așezate în aer la distanța d unul de celălalt. Corpul A are sarcina q, iar B sarcina $2q$. Cît este de mare forța exercitată de A asupra lui B, în comparație cu forța exercitată de B asupra lui A?

2.8.3. Două sfere metalice identice, mici, A și C sînt fixate pe o placă izolantă la distanța $r = 20$ cm una de alta. Sfera A este electrizată, iar C neutră. Se atinge A cu o sferă de cupru identică, neutră, B, apoi se ating C și B. În ce punct al dreptei AC trebuie așezată sfera B, față de sfera A, încît aceasta să rămînă în repaus?

2.8.4. Două corpuri punctiforme identice avînd aceeași sarcină electrică se află la distanța d. Care trebuie să fie raportul dintre sarcina electrică q și masa m a unui corp pentru care forța coulombiană de respingere și forța atracției universale care acționează între cele două corpuri să fie egale?

2.8.5. Trei corpuri punctiforme electrizate sînt situate în aer. Distanța între primul și al doilea corp este r_{12} iar forța de interacție F_{12}. Distanța dintre primul corp și al treilea este r_{13}, forța de atracție fiind F_{13}, distanța dintre al doilea și al treilea r_{23}, forța de interacție fiind F_{23}. Care este sarcina electrică a celui de-al treilea, q_3?

2.8.6. Două sfere identice, mici, situate în aer, avînd fiecare masa $m = 0{,}1$ g sînt suspendate în același punct cu ajutorul a două fire izolante de masă neglijabilă și avînd aceeași lungime $l = 20$ cm.

a) Care este valoarea sarcinilor egale ale celor două sfere pentru ca unghiul format de cele două fire să fie $\alpha = 90°$?

b) Care va fi valoarea unghiului β dintre cele două fire după scufundarea sistemului de la punctul *a* în petrol ($\rho_0 = 800$ kg/m³, $\varepsilon_r = 2$), dacă densitatea materialului din care sînt confecționate bilele este $\rho = 4 \cdot 10^3$ kg/m³?

c) Se introduce sistemul în ulei ($\varepsilon_r = 5$, $\rho_0 = 900$ kg/m³). Care trebuie să fie densitatea materialului sferelor pentru ca unghiul dintre firele de suspensie să rămînă egal cu cel din aer?

d) Introducînd acum sistemul într-un lichid dielectric avînd densitatea egală cu un sfert din densitatea materialului sferelor, unghiul dintre fire devine $\beta = 60°$. Să se calculeze permitivitatea relativă a lichidului.

e) După un timp, datorită efluviilor, electrizarea sistemului, descris la punctul *a*, scade și sferele se apropie.

Să se calculeze cu cît s-a micșorat sarcina fiecărei sfere pînă în momentul cînd unghiul dintre firele de suspensie devine $\beta = 45°$.

2.8.7. Un tetraedru regulat, situat în aer, cu latura $l = 0{,}3$ m are una dintre fețe orizontală și vîrful opus acesteia orientat în jos. În vîrfurile din planul orizontal sînt plasate trei corpuri punctiforme cu sarcini egale și de același semn $q = 1$ μC, iar în al patrulea vîrf un corp punctiform cu sarcina $-q$. Ce masă trebuie să aibă corpul pentru a fi în echilibru sub acțiunea forțelor electrostatice și a greutății? Se consideră $g = 9{,}81$ m/s².

2.8.8. Corpul punctiform A avînd sarcina q se află la distanța $d = 1$ m de corpul punctiform B cu sarcina $q' = nq$. La ce distanță de A intensitatea cîmpului electric creat de cele două corpuri electrizate este nulă, dacă $n = 16$?

2.8.9. Două corpuri punctiforme A și B avînd — respectiv — sarcinile $q_A = 2$μC și $q_B = 4$μC se află în aer la distanța $d = 1{,}8$ m unul de celălalt. Să se calculeze intensitatea cîmpului electric în punctele de pe dreapta AB unde potențialul este nul și apoi valoarea potențialului electric al punctelor unde intensitatea cîmpului electric este nulă.

2.8.10. În cîmpul electric al unui corp punctiform avînd sarcina $q = 3\mu C$ se consideră două puncte, A aflat la distanța $r_1 = 0,3$ m și B la $r_2 = 90$ cm de corp. Să se determine:

a) intensitatea cîmpului electric în punctul unde valoarea acesteia este mai mare;

b) lucrul mecanic L_{AB} necesar deplasării unui purtător de sarcină cu $q' = 70$ nC între punctele A și B. (Se consideră $\varepsilon_r = 1$.)

2.8.11. În cîmpul electric al unui corp punctiform avînd sarcina $q = 1,96 \cdot 10^{-4}$C, situat în aer, se află un corp punctiform cu $q' = 10^{-6}$C care se deplasează sub acțiunea forței exercitate de cîmpul electric între punctele A și B situate la distanța 0,4 m unul de altul pe direcția radială. Intensitatea cîmpului electric în A fiind $E_A = 17,64 \cdot 10^5$V/m, să se afle:

a) potențialele electrice în punctele A și B;

b) lucrul mecanic L_{AB} efectuat pentru deplasarea între punctele A și B a corpului punctiform cu sarcina q';

c) forța medie corespunzătoare deplasării.

2.8.12. Mărind cu $d = 0,1$ m distanța dintre două corpuri punctiforme electrizate, forța de atracție scade de la $F_1 = 8$ mN la $F_2 = 2$ mN. Care este lucrul mecanic L efectuat pentru această deplasare?

2.8.13. *a*) Să se calculeze potențialul și intensitatea cîmpului electric în vîrful rămas liber, A, al unui pătrat cu latura $l = 20$ cm, cunoscînd că în celelalte vîrfuri se află corpuri punctiforme, două dintre ele avînd fiecare sarcina $q = 1$ nC și, respectiv, $q' = -1$ nC, pentru corpul punctiform situat în vîrful opus vîrfului liber. Sistemul este situat într-un mediu dielectric lichid cu permitivitatea relativă $\varepsilon_r = 2$.

b) Sistemul fiind situat în aer, să se calculeze lucrul mecanic L_{AO} necesar pentru deplasarea unui corp punctiform cu sarcina $q_0 = 1\mu C$ din punctul A în centrul O al pătratului.

2.8.14. Tensiunea electrică între două puncte A și B, situate la distanța $d = 5$ cm, într-o regiune a spațiului în care există un cîmp electric uniform de intensitate $E = 10^4$ V/m este $U = 250$ V. Să se găsească orientarea liniilor de cîmp față de segmentul B.

2.8.15. Trei sfere metalice mici identice suspendate în aer, în același punct, prin fire izolante cu lungimea $l = 10$ cm au aceeași sarcină electrică q. Centrele celor trei sfere sînt așezate pe un cerc cu raza $R = 6$ cm. Să se calculeze:

a) aria totală A_t a piramidei cu vîrful în punctul de suspensie, avînd baza determinată de centrele sferelor, precum și unghiul dintre muchia și baza prismei;

b) lucrul mecanic L necesar pentru deplasarea corpului punctiform, avînd sarcina q_0, din vîrful piramidei pînă la baza ei, cunoscînd produsul $q_0 q = 10^{-15}C^2$.

2.8.16. Cît de mare trebuie să fie raza R a unei sfere metalice, situate în aer, care pentru sarcina $q = 10^{-4}$C să capete potențialul de 10 kV?

2.8.17. Intensitatea cîmpului electric la care apar descărcările electrice prin scînteie în aer este $E_D = 30$ kV/cm. Care este potențialul maxim pe care îl poate avea o sferă conductoare, de rază $R = 10$ cm, izolată de alte corpuri conductoare, situată în aer?

2.8.18. Lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea unui corp punctiform cu sarcina $q = 1\mu C$ într-un cîmp electric uniform de intensitate $E = 10^6$V/m este $L = 0,1$ J. Care este deplasarea d?

2.8.19. Pe o suprafață echipotențială sferică de rază $R_1 = 1$ cm, în centrul căreia se află corpul punctiform cu sarcina q, intensitatea cîmpului electric este $E_1 = 6\,000$ V/m. Cîte suprafețe sferice echipotențiale de raze $R_i > R_1$ pot fi construite, astfel încît diferența de potențial între două suprafețe echipotențiale consecutive să fie $\Delta V = 20$ V?

2.8.20. O mie de picături de mercur identice se unesc într-o singură picătură. Fiecare picătură avea aceeași sarcină electrică. De cîte ori este mai mare potențialul picăturii mari decît potențialul unei picături mici înainte de unire?

2.8.21. Două sfere metalice de raze $R_1 = 1$ cm și $R_2 = 20$ cm, avînd potențialele $V_1 = 9\,000$ V și respectiv $V_2 = 900$ V, sînt situate în aer la distanță mare una de alta. Admițînd că sferele sînt în afara altor influențe de natură electrică să se calculeze potențialul V' al sistemului obținut prin legarea sferelor printr-un fir conductor foarte subțire.

2.8.22. În problema precedentă se consideră cazul pentru care numai sfera 1, nelegată la sfera 2, este electrizată ($q_1 \neq 0$). Dacă aceasta se pune în contact cu sfera 2, inițial neîncărcată ($q_2 = 0$), să se arate că, practic, sarcina electrică a sferei 1 se transmite în întregime sferei 2.

2.8.23. Două sfere metalice cu razele $R_1 = 15$ cm și $R_2 = 2$ cm au sarcinile $q_1 = 0,3\ \mu C$ și respectiv $q_2 = 0,1\ \mu C$. Se leagă cele două sfere cu un fir subțire conductor. Care sînt sarcinile q_1' și q_2' ale celor două sfere după punerea lor în contact?

2.8.24. Trei sfere metalice, goale în interior, formînd trei straturi sferice subțiri, au, respectiv, razele $R_1 = 1$ cm, $R_2 = 2$ cm și $R_3 = 4$ cm. Sfera de rază R_1 are o sarcină electrică $q_1 = 1$ nC, iar sfera mijlocie $q_2 = 5/3$ nC. Straturile sferice sînt dispuse concentric, stratul exterior fiind legat la pămînt. Să se calculeze potențialul sferelor interioare.

2.8.25. În interiorul unei sfere metalice goale se află o sferă metalică. În cazul sistemului descris să se arate care sînt condițiile pentru ca un conductor să poată avea (*a*) sarcina electrică $q \neq 0$ și potențial zero, (*b*) potențial $V \neq 0$ și sarcina electrică nulă.

2.8.26. În interiorul unei sfere metalice goale este fixată o sferă metalică avînd sarcina electrică q. Centrele celor două sfere nu coincid. Potențialul într-un punct P situat la distanța $r = 5$ cm de centrul sferei mari, exterior ei, este $V_P = -9$ V. Să se calculeze sarcina q.

2.8.27. O sferă metalică mică de masă $m = 0,15$ g avînd sarcina $q = 1$ nC este suspendată la extremitatea unui fir subțire de mătase. Celălalt capăt al firului este fixat în punctul cel mai de sus al unui inel de rază $R = 10$ cm, așezat vertical, format dintr-un fir metalic de secțiune neglijabilă. Inelul este uniform electrizat avînd sarcina $Q = 10\ \mu C$ de același semn cu sarcina q. Să se determine lungimea l a firului de suspensie pentru care poziția finală a centrului sferei să se găsească într-un punct de pe axa inelului. Sistemul este situat în aer ($\varepsilon_r = 1$).

2.8.28. Care este lucrul mecanic efectuat pentru a deplasa corpul punctiform cu sarcina $q = 1$ nC de la infinit pînă într-un punct P situat pe direcția radială la distanța $d = 10$ cm de suprafața unei sfere metalice de rază $R = 2$ cm și potențial $V_0 = 1\,200$ V?

2.8.29. Două sfere metalice mici avînd aceeaşi sarcină electrică situate la distanţa $r = 50$ cm între centrele lor, interacţionează cu forţa de respingere $F = 1\mu$N. Care este potenţialul sferelor, V, dacă diametrul lor este $D = 1$ cm?

2.8.30. Care este energia potenţială electrostatică a unui sistem izolat format din trei corpuri punctiforme avînd sarcinile $q_1 = q_2 = q_3 = 1\mu$C, situate în aer, în vîrfurile unui triunghi echilateral cu latura $l = 10$ cm?

2.8.31. Cu ce energie cinetică trebuie lansat dintr-un punct foarte depărtat un corp punctiform avînd sarcina $q_1 = 1$ nC pentru a se putea apropia la distanţa $d = 5$ mm de un corp punctiform fix avînd sarcina $q_2 = 25\ \mu$C? Deplasarea se face în vid.

2.8.32. Cu ce viteză, v, ajunge într-un punct 1 un electron aflat iniţial în repaus într-un punct 2, dacă diferenţa de potenţial $(V_1 - V_2) = -1$ V? Sarcina electronului este $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, iar masa electronului $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg. Deplasarea se face în vid.

2.8.33. Un electron ($e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg) se mişcă în vid pe o dreaptă orientată spre un corp punctiform fix avînd sarcina $q = -0{,}1$ pC. La distanţa $d_0 = 0{,}5$ m, viteza electronului este $v_0 = 10^5$ m/s. Să se calculeze distanţa minimă d_{min} la care se apropie electronul de corpul fix.

2.8.34. O particulă nucleară α avînd sarcina $q = 2|e|$, masa $m = 6{,}65 \cdot 10^{-27}$kg şi viteza $v_0 = 10^7$ m/s cade pe o ţintă de aluminiu. La ce distanţă minimă se poate apropia particula α de un nucleu de aluminiu? Care este forţa maximă de interacţie (respingere) între particula α şi nucleu? Sarcina nucleului de aluminiu este $q_0 = Z|e|$, unde $Z = 16$ este numărul atomic al aluminiului ($|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C).

2.8.35. Dintr-o sferă metalică de rază $R = 10$ cm, iniţial neutră, se scot printr-un procedeu oarecare (iradiere cu radiaţie ultravioletă, de exemplu) purtători de sarcină (electroni) care se depărtează pînă la distanţa $r = 0{,}9$ m de centrul sferei. Sarcina totală a purtătorilor reprezintă $q = 3{,}2 \cdot 10^{-8}$C. Ce lucru mecanic este necesar pentru a efectua operaţia de îndepărtare a purtătorilor de sarcină?

2.8.36. Într-un experiment Millikan de determinare a sarcinii elementare (sarcina electronului), pentru un anumit sens al cîmpului electric uniform de intensitate $E = 6{,}82$ kV/m, o picătură de ulei electrizată, de densitate $\rho = 951{,}2$ kg/m³, se mişcă uniform în sus cu viteza $v_1 = 4 \cdot 10^{-5}$m/s. Inversînd sensul cîmpului electric, picătura se mişcă uniform în jos cu viteza $v_2 = 9{,}26 \cdot 10^{-5}$m/s. Ţinînd seama că forţa de frecare între picătura de ulei şi aer este dată de relaţia lui Stokes $F = 6\pi\eta r v$, unde η este coeficientul de viscozitate dinamică egal cu $1{,}82 \cdot 10^{-5}$kg/m · s, pentru aer, să se determine:

a) raza r a particulei;

b) cîte sarcini elementare are picătura;

c) viteza v a picăturii în absenţa cîmpului electric.

Se va lua densitatea aerului $\rho_0 = 1{,}2$ kg/m³, iar acceleraţia gravitaţională $g = 9{,}8$ m/s².

CAPACITATEA ELECTRICĂ

2.8.37. Folosind definiţia capacităţii electrice a unui corp izolat şi depărtat de alte corpuri să se deducă formula capacităţii C a unui corp conductor sferic în funcţie de rază.

2.8.38. O sferă metalică de rază $R = 1$ cm izolată, situată în aer, are un potenţial $V = 1\,000$ V. Să se calculeze:

a) sarcina electrică pe unitatea de arie $\sigma = q/S$, pe sferă;

b) intensitatea E a cîmpului electric pe suprafaţa sferei;

c) potenţialul V_1 şi intensitatea cîmpului electric E_1 într-un punct situat la distanţa $r = 1$ m de centrul sferei;

d) potenţialul maxim V_{max} pe care îl poate avea sfera, dacă intensitatea cîmpului electric la care se produce străpungerea aerului este $E_{max} = 30$ kV/cm.

2.8.39. Un condensator plan avînd ca dielectric aerul, de capacitate $C_0 = 5$ pF, este scufundat într-o baie de ulei ($\varepsilon_r = 4$) care umple regiunea delimitată de armături. Care este noua valoare C a capacităţii condensatorului?

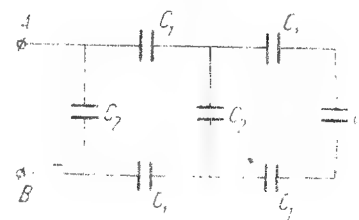


Fig. 2.8.40

2.8.40. Să se calculeze capacitatea C_{AB} a reţelei de condensatori reprezentată în figura 2.8.40 cunoscînd că $C_1 = 2\mu$F, iar $C_2 = 1\mu$F.

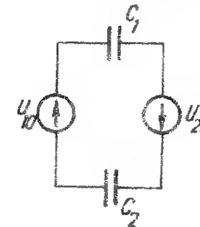


Fig. 2.8.41

2.8.41. Să se determine tensiunile U_1 şi U_2 la bornele condensatorilor din schema prezentată în figura 2.8.41, cunoscînd că tensiunile surselor sînt $U_{10} = 4$ V şi respectiv $U_{20} = 6$ V, iar $C_1 = 3\mu$F şi $C_2 = 7\mu$F.

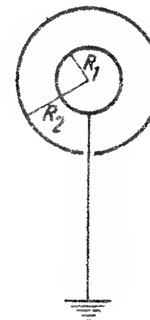


Fig. 2.8.42

2.8.42. În interiorul unei sfere de metal de rază $R_2 = 20$ cm goală în interior se dispune concentric o sferă metalică de rază $R_1 = 10$ cm. Sfera exterioară are sarcina $q = 10^{-8}$C. Printr-un orificiu din peretele sferei exterioare, sfera interioară este legată la pămînt printr-un fir metalic (fig. 2.8.42). Să se determine:

a) sarcina q' a sferei interioare;

b) potenţialul V al sferei exterioare;

c) schema electrică şi capacitatea C a sistemului descris.

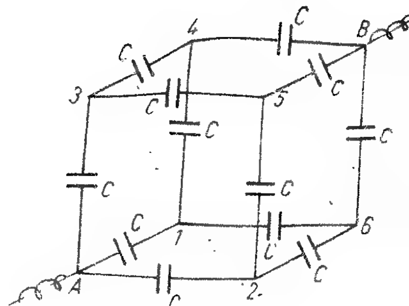


Fig. 2.8.43

2.8.43. Să se calculeze capacitatea C_{AB} a sistemului de condensatori din figura 2.8.43. Fiecare condensator are aceeaşi capacitate $C = 10$ nF.

2.8.44. Să se determine energia W_e a unui corp sferic metalic avînd sarcina $q = 1$ μC şi capacitatea $C = 10^{-10}$ F.

2.8.45. Capacitatea condensatorului sferic este $C = 4\pi\varepsilon R_1R_2(R_2 - R_1)$. Să se calculeze raza R a unei sfere metalice care, plasată într-un mediu dielectric de permitivitate ε, să aibă aceeaşi capacitate ca aceea a condensatorului sferic.

2.8.46. Să se calculeze energia unui condensator plan încărcat, cunoscînd intensitatea cîmpului electric în condensator $E = 5 \cdot 10^5$ V/m, distanţa dintre plăci $d = 2$ cm, aria unei plăci $S = 200$ cm², dielectric fiind aerul ($\varepsilon_r = 1$).

2.8.47. Două sfere metalice avînd razele $R_1 = 1$ cm şi $R_2 = 2$ cm sînt conectate la o sursă cu tensiunea $U = 3\,000$ V. Să se determine forţa de interacţie dintre sfere în cazurile în care mediul dielectric este (*a*) aerul, (*b*) petrolul ($\varepsilon_r = 2$), distanţa dintre centrele sferelor fiind $r = 100$ cm.

2.8.48. O sferă metalică avînd raza $R = 30$ cm are potenţialul $V = 3\,000$ V. Un corp conductor avînd potenţialul $V_1 = 1\,800$ V este pus în contact cu sfera, de la o distanţă mare de ea, printr-un fir conductor foarte subţire, căpătînd astfel un potenţial $V' = 2\,100$ V. Atît sfera cît şi corpul conductor sînt situate în aer. Care este capacitatea C_x a corpului conductor?

2.8.49. Se consideră trei condensatori. Capacitatea unuia dintre ei este $C_1 = 3$μF. Dacă se leagă condensatorii în serie, capacitatea grupării serie este $C_s = 0{,}75$ μF, iar tensiunea la bornele condensatorului 1 este $U_1 = 30$ V, tensiunea sursei fiind U. Dacă se leagă condensatorii în paralel, capacitatea grupării paralel este $C_p = 7$ μF. Care este tensiunea U a sursei de alimentare?

2.8.50. Doi condensatori cu aer, fiecare avînd capacitatea $C = 100$ pF sînt legaţi în serie şi conectaţi la o sursă cu tensiunea $U = 60$ V. Dacă unul din condensatori se introduce în ulei ($\varepsilon_r = 2$), să se calculeze:

a) tensiunile la bornele condensatorilor;

b) cu cît variază sarcina armăturilor fiecărui condensator.

2.8.51. Doi condensatori avînd, respectiv, capacităţile $C_1 = 4$μF şi $C_2 = 2$ μF sînt legaţi în serie, tensiunea la bornele grupării serie fiind $U = 12$ V. Să se determine:

a) tensiunile U_1 şi U_2 la bornele condensatorilor;

b) sarcinile q_1 şi q_2 ale armăturilor.

2.8.52. Între ce limite poate varia capacitatea unui sistem de doi condensatori, primul avînd capacitatea $C_1 = 50$ pF, iar cel de-al doilea capacitatea variabilă în raportul 1 : 10, cu capacitatea minimă $C_{min} = 50$ pF?

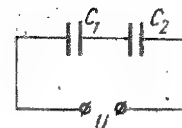


Fig. 2.8.53

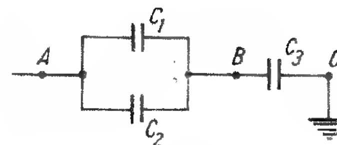


Fig. 2.8.54

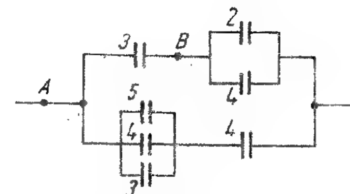


Fig. 2.8.55

2.8.53. Care trebuie să fie capacitatea condensatorului C_2 din figura 2.8.53 pentru ca tensiunea la bornele condensatorului 2 să fie $U_2 = 10$ V, dacă $C_1 = 0{,}1$ μF şi tensiunea la bornele circuitului este $U = 110$ V?

2.8.54. Se consideră reţeaua de condensatori din figura 2.8.54 unde $C_1 = 4$μF, $C_2 = 2$ μF şi $C_3 = 3$ μF, potenţialul punctului A fiind $V_A = -1200$ V. Să se determine:

a) potenţialul V_B al punctului B;

b) sarcinile electrice q_1, q_2 şi q_3 ale armăturilor condensatorilor.

2.8.55. În figura 2.8.55, cifrele reprezintă, în μF, capacităţile condensatorilor. Dacă sarcina condensatorului de 5 μF este de 120 μC, care este diferenţa de potenţial (tensiunea) $U_{AB} = V_A - V_B$?

2.8.56. Trei plăci metalice dreptunghiulare identice foarte subţiri, *a*, *b*, *c* sînt aşezate în ordine, una în faţa celeilalte, la distanţele $d_{ab} = 3$ mm şi $d_{bc} = 1$ mm. Plăcile *a* şi *c* sînt legate la o sursă formată din trei elemente legate în serie, fiecare element avînd tensiunea $U = 20$ V, borna pozitivă a sursei fiind legată la placa *a*. Între elementele 2 şi 3 (ordinea elementelor începe de la placa *a*) se realizează o priză la pămînt. Să se calculeze potenţialul V_b al plăcii *b*.

2.8.57. Se introduce între armăturile unui condensator plan cu aer, paralel cu armăturile, o placă dielectrică care acoperă complet suprafaţa unei armături şi are grosimea $e = d/4$, d fiind distanţa dintre armături. Creşterea relativă a capacităţii condensatorului este $(C - C_0)/C_0 = 20\%$. Să se afle permitivitatea relativă ε_r a dielectricului şi să se arate că nu se modifică capacitatea C a condensatorului dacă se deplasează placa mai aproape de o armătură sau alta.

2.8.58. Sarcina electrică pe unitatea de arie a armăturilor unui condensator plan cu aer, care în prealabil a fost încărcat la tensiunea U, este $\sigma = 4{,}2$ μC/m². Cunoscînd aria suprafeţei unei armături $S = 1$ m² iar distanţa dintre armături $d = 1$ mm, să se calculeze:

a) tensiunea U la bornele condensatorului;

b) forţa de atracţie F dintre armături;

c) căldura Q disipată prin unirea bornelor condensatorului printr-o sîrmă.

2.8.59. Un condensator plan, cu aer, se încarcă sub tensiunea $U = 20$ kV, după care se deconectează de la sursă. Se introduce în condensator o lamă de sticlă ($\varepsilon_r = 5$) avînd grosimea d_1 egală cu jumătate din distanţa

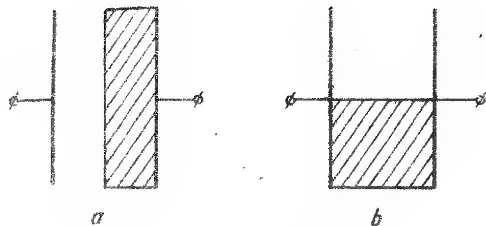


Fig. 2.8.59, *a*, *b*

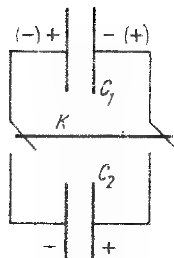


Fig 2.8.60

$d = 2$ cm dintre armături (fig. 2.8.59, *a*), apoi se măsoară tensiunea U_1 la bornele condensatorului. Se scoate lama de sticlă și se umple în întregime o jumătate de condensator tot cu sticlă, astfel încît limita de separare aer-sticlă este perpendiculară pe armături (fig. 2.8.59, *b*). Tensiunea la bornele condensatorului devine U_2.

a) Să se calculeze tensiunile U_1 și U_2.

b) Să se arate că în al doilea caz capacitatea condensatorului este totdeauna mai mare, $C_2 > C_1$.

c) Să se calculeze intensitățile cîmpului electric în aer E_a și sticlă E_s, în cele două cazuri.

2.8.60. Doi condensatori avînd — respectiv — capacitățile $C_1 = 1$ μF, $C_2 = 2\ C_1$ sînt încărcați fiecare la tensiunea $U_0 = 500$ V, după care se conectează în serie (fig. 2.8.60). Să se calculeze căldura disipată Q în sîrmele de legătură.

2.8.61. Doi condensatori cu aer, identici, de capacitate $C = 8/9$ nF, se încarcă separat la tensiunea $U_0 = 900$ V. Unul din condensatori se cufundă în petrol ($\varepsilon_r = 2$), după care condensatorii se leagă în paralel. Să se calculeze căldura Q disipată în sîrmele de legătură.

2.8.62. Un condensator plan cu aer are dimensiunile armăturilor 40 cm și 50 cm și distanța dintre ele $d_1 = 0,5$ cm. După încărcarea condensatorului la tensiunea $U = 2$ kV, se deconectează de la sursă și se deplasează armăturile pînă cînd distanța dintre ele devine $d_2 = 2\ d_1$. Să se determine lucrul mecanic cheltuit L și căldura Q disipată în firul prin care se descarcă condensatorul.

2.8.63. Un corp punctiform avînd masa $m = 1$g și sarcina $q = 1$ nC, în cădere liberă în vid, pătrunde cu viteza $v_0 = 1$ m/s într-un condensator plan orientat vertical. Să se determine intensitatea cîmpului electric E dintre armături astfel încît după $t = 0,1$ s de la intrarea în cîmp traiectoria corpului să facă un unghi $\alpha = 60°$ cu orizontala.

2.8.64. Un fascicul de particule avînd masa $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg, sarcina $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$C și viteza $v_0 = 10^7$ m/s pătrunde într-un condensator plan la o treime din distanța $d = 1$ cm dintre armături, paralel cu acestea. Lungimea armăturilor este $l = 5$ cm. Ce tensiune U trebuie aplicată condensatorului pentru ca fasciculul să lovească marginile opuse ale armăturilor. Mișcarea are loc în vid.

2.8.65. Un fascicul foarte îngust de electroni, care se mișcă în vid, cuprinde electroni cu viteze avînd valori în intervalul $v_{01} = 2 \cdot 10^7$ m/s și $v_{02} = 2,4 \cdot 10^7$ m/s. Fasciculul pătrunde între două plăci plane, paralele, situate la distanța $d = 4$ cm una de cealaltă și între care există o tensiune $U = 182$ V. Știind că distanța parcursă de fascicul în direcție normală la liniile cîmpului electric dintre plăci este $l = 0,1$ m, să se afle lărgimea fasciculului la ieșirea dintre plăci.

2.8.66. Un pendul format dintr-un fir de mătase și o bilă de metal cu masa $m = 0,15$ g are perioada oscilațiilor $T_1 = 1$ s. Se plasează pendulul între armăturile unui condensator plan orientat orizontal, se electrizează bila și se încarcă condensatorul. Perioada oscilațiilor pendulului devine $T_2 = 1,2$ s. Să se calculeze:

a) lungimea firului de suspensie l;

b) forța F_e exercitată de cîmpul electric asupra bilei;

c) perioada T_3 a oscilațiilor pendulului dacă se inversează tensiunea sursei de încărcare a condensatorului.

CAPITOLUL 9

CURENTUL ELECTRIC CONTINUU

2.9.1. Un conductor cu rezistența $R = 5\ \Omega$ este parcurs în timpul $t = 50$ s de sarcina $q = 200$ C. Să se calculeze tensiunea U la capetele conductorului.

2.9.2. O sîrmă de cupru are rezistența $R = 10\ \Omega$ și masa $m = 0,4$ kg. Cunoscînd rezistivitatea cuprului $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$m și densitatea cuprului $d = 8,6 \cdot 10^3$ kg/m³, să se calculeze lungimea l, aria secțiunii S și diametrul D ale sîrmei.

2.9.3. O sîrmă de cupru are rezistența R_0 la temperatura de 0°C. Să se calculeze temperatura t la care rezistența sîrmei crește cu 10% față de valoarea R_0. Coeficientul de temperatură al rezistivității cuprului la 0°C este $\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3}$ grd⁻¹.

2.9.4. Un bastonaș de grafit pentru lampă electrică cu arc ($\rho_1 = 60 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot$m, $\alpha_1 = -5 \cdot 10^{-4}$ grd^{-1}) se leagă în serie cu unul de aluminiu ($\rho_2 = 2,82 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$m, $\alpha_2 = 3,9 \cdot 10^{-3}$ grd^{-1}) de aceeași grosime. Care trebuie să fie raportul lungimilor lor pentru ca rezistența sistemului rezistor să nu varieze cu temperatura?

2.9.5. Un rezistor avînd rezistența $R = 600\ \Omega$ este format din două părți electric rezistive dispuse în serie. Prima parte este dintr-un material cu $\alpha_1 = -0,01$ grd^{-1} iar a doua dintr-un material cu $\alpha_2 = 0,002$ grd^{-1}. Care trebuie să fie valorile rezistențelor R_{01} și R_{02} ale celor două părți rezistive pentru ca rezistența R să nu varieze cu temperatura?

2.9.6. Dacă la bornele unei surse se conectează un rezistor cu rezistența $R_1 = 1\ \Omega$, intensitatea curentului prin rezistor este $I_1 = 1$ A; dacă se conectează un rezistor cu rezistența $R_2 = 2,5\ \Omega$, intensitatea curentului prin el este $I_2 = 0,5$ A. Să se calculeze rezistența interioară r și t.e.m. E ale sursei.

2.9.7. Pentru determinarea t.e.m. E a unei surse, se leagă în serie cu sursa o altă sursă cu t.e.m. cunoscută $E_0 = 2$ V (sursă etalon), după care la bornele grupării se leagă un rezistor. Intensitatea curentului prin circuit este $I_1 = 0,2$ A. Dacă se leagă același rezistor la cele două surse grupate în opoziție, intensitatea curentului devine $I_2 = 0,08$ A și are sensul de la borna pozitivă a sursei cu t.e.m. E la borna pozitivă a sursei etalon. Care este valoarea t.e.m. E?

2.9.8. În cazul problemei precedente, care este t.e.m. E a unei surse dacă curentul de intensitate $I_2 = 0,08$ A ar fi de sens contrar?

2.9.9. Să se calculeze tensiunea U la bornele unei surse, cunoscînd t.e.m. a sursei $E = 1,5$ V, rezistența interioară $r = 0,4\ \Omega$ iar rezistența circuitului exterior $R = 1,6\ \Omega$.

2.9.10. La bornele unui acumulator se conectează un rezistor format dintr-un fir metalic cu rezistivitatea $\rho = 10^{-7}\ \Omega \cdot$ m, aria secțiunii $S = 5$ mm^2 și $l = 10$ m. Acumulatorul are t.e.m. $E = 2,1$ V și rezistența interioară $r = 0,04\ \Omega$. Să se calculeze tensiunea U la bornele acumulatorului.

2.9.11. Cînd se introduce într-un circuit serie de rezistență R un rezistor de rezistență $R_1 = 1\ \Omega$, intensitatea curentului scade de la $I = 2$ A la $I_1 = 1$ A. Dacă se înlocuiește rezistorul R_1 cu un rezistor cu rezistență necunoscută x, intensitatea curentului devine $I_2 = 0,5$ A. Să se calculeze R, x și t.e.m. E ale sursei din circuit.

2.9.12. Rezistența circuitului exterior al unei surse cu t.e.m. $E = 1,5$ V este $R = 2\ \Omega$. Tensiunea la bornele sursei este $U = 1$ V. Să se calculeze rezistența interioară r a sursei.

2.9.13. Două surse au t.e.m. egale $E = 2$ V și rezistența interioară $r_1 = 1\ \Omega$, respectiv $r_2 = 0,5\ \Omega$. Se dispun sursele în serie iar la bornele grupării se leagă un rezistor cu rezistența R. Să se calculeze rezistența R și tensiunea U_2 la bornele celei de-a doua surse, astfel ca tensiunea la bornele primei surse să fie $U_1 = 0$.

2.9.14. O sursă are tensiunea la borne $U_1 = 4$ V cînd i se leagă la borne un rezistor de rezistență $R_1 = 4\ \Omega$ și tensiunea $U_2 = 4,5$ V cînd rezistorul legat la borne are rezistența $R_2 = 6\ \Omega$. Să se calculeze rezistența interioară r și t.e.m. E ale sursei.

2.9.15. Să se calculeze intensitățile curenților I_1 și I_2 în cazul rețelei din figura 2.9.15, dacă se cunosc $I = 2$ A, $R_1 = 6\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$.

2.9.16. Ampermetrele și voltmetrele sînt instrumentele electrice cu care se măsoară intensitatea curentului și respectiv tensiunea, în funcție de deviația unui sistem mobil propriu.

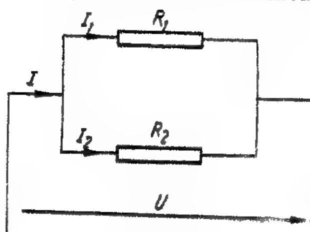


Fig. 2.9.15

În funcție de principiul de funcționare, deviațiile sistemului mobil (numit și echipaj mobil) pot fi proporționale cu intensitatea curentului care produce cuplul pentru rotirea echipajului mobil sau cu pătratul intensității acestui curent.

În cazul ampermetrelor și voltmetrelor cu magnet permanent și cadru mobil (magnetoelectrice) — a căror construcție (fig. 2.9.16) este asemănătoare cu aceea a galvanometrului cu cadru mobil — deviațiile α ale echipajului mobil sînt proporționale cu intensitatea curentului care parcurge cadrul (de care depinde valoarea cuplului) și sensul lor depinde de sensul acestui curent: $\alpha = kI$; constanta de proporționalitate k se numește sensibilitatea instrumentului.

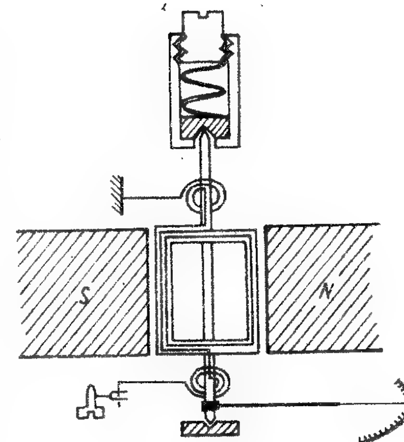


Fig. 2.9.16

În general sensibilitatea acestor instrumente este mai mică decît aceea a galvanometrului, fie datorită reducerii lungimii firelor de torsiune care susțin cadrul, fie datorită înlocuirii acestora cu resorturi spirale și pivoți de susținere a cadrului. În ambele cazuri, cuplul de torsiune (antagonist) este mai mare decît la galvanometru. Rotirea echipajului mobil este indicată de un ac fixat pe axul cadrului și al cărui vîrf se deplasează în fața unui cadran gradat.

Abaterile maxime ale valorilor indicate de aparat față de valorile reale ale intensității curentului sau ale tensiunii, raportate la valoarea maximă pe care o poate măsura instrumentul, exprimată în procente, reprezintă clasa de precizie a instrumentului electric de măsură și este dată pentru fiecare instrument. Din acest punct de vedere, aparatele (instrumentele) de măsură a mărimilor electrice I și U se împart în șase clase de precizie: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5 și 2,5. Instrumentele magnetoelectrice, în general, sînt de clasă 0,2 sau 0,5 și sînt folosite la măsurări de precizie.

a) Ce calități trebuie să îndeplinească ampermetrele și voltmetrele pentru o bună fidelitate a măsurătorilor?

b) Se poate verifica experimental legea lui Ohm $U = RI$ cu voltmetrele obișnuite?

c) Care trebuie să fie valoarea rezistenței R_s a șuntului unui miliampermetru care indică deviația maximă cînd este parcurs de un curent de intensitate $I_A = 10$ mA și are rezistența interioară $R_A = 5\ \Omega$ pentru a-l transforma într-un ampermetru care să indice la aceeași deviație maximă un curent de intensitate $I = 10$ A? Ce rezistență R'_A prezintă circuitului ampermetrul cu șunt?

d) Care este valoarea R_a a rezistorului adițional care permite extinderea de $m = 10$ ori a domeniului de măsurare a unui voltmetru cu rezistența interioară $R_V = 10$ kΩ? Ce rezistență R'_V prezintă circuitului voltmetrul cu scara mărită?

e) Sensibilitatea k a unui galvanometru cu cadru mobil, cu rezistența interioară $R_G = 25\ \Omega$, este astfel încît un curent de intensitate $I_G = 1$ mA provoacă deviația maximă pe scală. Să se arate cum poate fi adaptat acest galvanometru pentru a fi folosit ca: (*e'*) voltmetru pentru măsurări pînă la $U = 1$ V; (*e''*) ca ampermetru de $I = 1$ A.

f) Un circuit este format din doi rezistori în serie, $R_1 = 149$ kΩ și $R_2 = 2\ \Omega$, sursa fiind un element etalon tip Weston cu t.e.m. $E_0 = 1,018$ V

și rezistența interioară $r = 1\,000\ \Omega$. În paralel pe rezistorul 2 este legat un galvanometru cu sensibilitatea k, care indică pe scală o deviație $\alpha = 100$ diviziuni cînd circuitul este închis. Rezistența interioară a galvanometrului este $R_G = 8\ \Omega$. Care este constanta C a galvanometrului, în A/div, cunoscînd că $C = 1/k$?

g) La un miliampermetru de 12 mA se citește pe cadran valoarea de 5 mA. Clasa de precizie a instrumentului este 1,5. Care este valoarea exactă a intensității curentului măsurat?

h) Echipajul mobil al unui miliampermetru magnetoelectric prezintă o deviație maximă (aproximativ 90°) dacă este parcurs de un curent de intensitate $I = 1$ mA. Același instrument va indica aceeași deviație dacă i se aplică la borne o tensiune $U = 10$ mV. Să se calculeze rezistența interioară r a miliampermetrului și puterea maximă pe care o consumă acesta.

2.9.17. Un ampermetru are scala de 100 diviziuni și rezistența interioară $R_A = 0{,}8\ \Omega$. Deviația maximă este obținută pentru un curent de intensitate $I_A = 50$ mA.

a) Ce valoare trebuie să aibă șuntul ampermetrului R_s pentru a se măsura intensități pînă la $I = 1$ A?

b) Care trebuie să fie valoarea R_a a rezistenței adiționale pentru ca la o tensiune $U = 5$ V, acul ampermetrului să indice diviziunea 50?

c) Voltmetrul realizat la punctul *b*, legat la bornele unei surse cu t.e.m. E și rezistența interioară r, indică diviziunea 76. Dacă se inseriază și un rezistor de rezistență $R = 200\ \Omega$, voltmetrul indică diviziunea 39. Să se calculeze E și r.

2.9.18. Pentru rețeaua din figura 2.9.18 se cunosc: $E = 47$ V; $r = 1\ \Omega$, $R_1 = 4\ \Omega$, $R_2 = 3\ \Omega$, $R_3 = 2\ \Omega$, $I = 15$ A, $I_1 = 6$ A, $I_2 = 2$ A, $I_3 = 7$ A. Să se calculeze tensiunea U_{AB} prin parcurgerea de lanțuri de laturi diferite, cuprinse între cele două noduri A și B.

2.9.19. Se consideră circuitul reprezentat în figura 2.9.19, la care se cunosc t.e.m. $E_1 = 4$ V și $E_2 = 6$ V. Să se calculeze valoarea U_1' a tensiunii U_1 de la bornele AB ale sursei 1 după ce se inversează bornele sursei 1, pentru cazurile cînd, înainte de inversare, tensiunea U_1 avea valorile: *a*) $U_{1a} = 3$ V; *b*) $U_{1b} = -2$ V. (Tensiunile $U_{1a} = 3$ V și $U_{1b} = -2$ V se obțin prin valori corespunzătoare ale rezistenței R.)

2.9.20. Se consideră un circuit simplu format din o sursă cu rezistența interioară $r = 0{,}2\ \Omega$ și un rezistor cu rezistența $R = 12\ \Omega$. Să se determine t.e.m. E a sursei dacă voltmetrul electrostatic legat la bornele sursei indică $U = 120$ V, intensitatea curentului I_{sc} și indicația voltmetrului dacă se scurtcircuitează sursa ($R = 0$).

2.9.21. Două voltmetre dispuse în serie legate la bornele unei surse avînd t.e.m. E și rezistența interioară r indică tensiunile $U_1 = 8$ V și $U_2 = 4$ V. Dacă se leagă la bornele sursei numai al doilea voltmetru, acesta indică tensiunea $U_2' = 10$ V. Care este t.e.m. E?

2.9.22. Intensitatea curentului de scurtcircuit pentru o sursă cu t.e.m. $E = 24$ V este $I_{sc} = 80$ A. Care trebuie să fie rezistența R a circuitului exterior pentru a se obține prin acesta un curent de intensitate $I = 1$ A?

2.9.23. Pentru circuitul reprezentat în figura 2.9.23 voltmetrul indică $U = 24$ V. Rezistența interioară a sursei este $r = 0{,}2\ \Omega$, iar rezistența rezistorului $R = 8\ \Omega$. Intensitatea curentului absorbit de voltmetru și căderea de tensiune în ampermetru sînt neglijabile. Să se determine:

a) intensitatea curentului I prin circuit;

b) t.e.m. E a sursei;

c) indicațiile celor două aparate de măsură, dacă se scurtcircuitează rezistorul.

2.9.24. Un acumulator cu t.e.m. $E = 12$ V are intensitatea curentului de scurtcircuit $I_{sc} = 40$ A. Ce rezistență are rezistorul care, legat la bornele acumulatorului, face ca tensiunea la borne să fie $U = 11$ V?

2.9.25. Circuitul electric din figura 2.9.25 conține o sursă cu t.e.m. $E = 40$ V și rezistența interioară $r = 1\ \Omega$, două rezistoare cu rezistențele $R_1 = 6\ \Omega$ și respectiv $R_2 = 12\ \Omega$ și un fir metalic AB cu lungimea $l = 0{,}8$ m și rezistența $R = 6\ \Omega$. Pe firul AB se deplasează cursorul C prin care se închide circuitul. Se cer:

a) rezistența echivalentă R_{12} pentru rezistoarele R_1 și R_2;

b) rezistivitatea ρ a firului metalic, dacă aria secțiunii lui transversale este $S = 1$ mm²;

c) distanța $x = AC$, astfel încît tensiunea între punctele A și C să fie $U_{AC} = 15$ V.

2.9.26. Să se arate că adăugarea unei surse, în serie cu o grupare serie de surse legată la un rezistor, determină creșterea intensității curentului I prin acesta, cînd intensitatea curentului de scurtcircuit I_{sc} al sursei adăugate este $I_{sc} > I$.

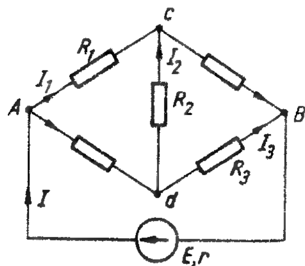


Fig. 2.9.18

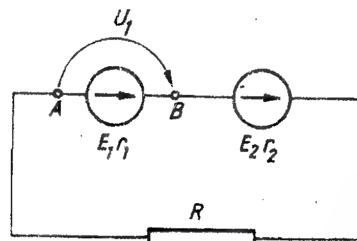


Fig. 2.9.19

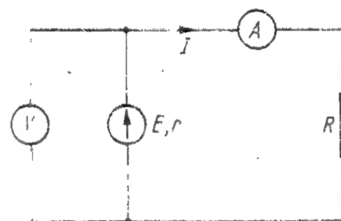


Fig. 2.9.23

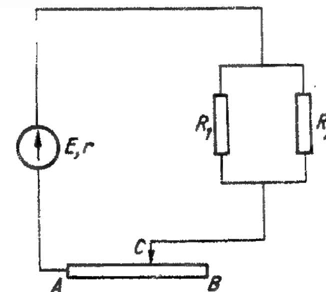


Fig. 2.9.25

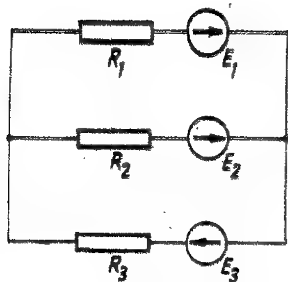


Fig. 2.9.27

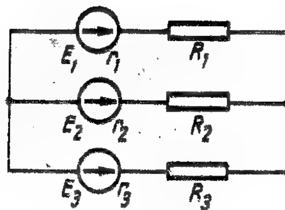


Fig. 2.9.28

2.9.27. În circuitul reprezentat în figura 2.9.27 se cunosc $R_1 = R_3 = 2\ \Omega$; $R_2 = 4\ \Omega$; $E_1 = 4$ V; $E_2 = 3$ V; $E_3 = 2$ V. Să se determine intensităţile curenţilor din laturile circuitului folosind legile lui Kirchhoff.

2.9.28. Sursele din circuitul reprezentat în figura 2.9.28 cu t.e.m. $E_1 = 10$ V; $E_2 = 5$ V, $E_3 = 6$ V şi rezistenţele interioare $r_1 = 0{,}1\ \Omega$; $r_2 = 0{,}2\ \Omega$; $r_3 = 0{,}1\ \Omega$. Să se calculeze tensiunile la bornele rezistoarelor avînd rezistenţele $R_1 = 5\ \Omega$; $R_2 = 1\ \Omega$; $R_3 = 3\ \Omega$.

2.9.29. Să se calculeze intensităţile curenţilor din laturile circuitului reprezentat în figura 2.9.29, dacă $E_1 = 27$ V; $E_2 = 30$ V; $r_1 = 30$ mΩ; $r_2 = 50$ mΩ. $R_1 = R_2 = R_5 = 8\ \Omega$; $R_3 = 1{,}97\ \Omega$; $R_4 = 2{,}95\ \Omega$; $R_6 = 12\ \Omega$; $R_7 = 1{,}2\ \Omega$.

2.9.30. Să se determine intensităţile curenţilor din laturile circuitului din figura 2.9.30 prin metoda teoremelor Kirchhoff. Se dau $E_1 = 8$ V; $E_2 = 48$ V; $r_1 = 3\ \Omega$; $r_2 = 2\ \Omega$; $R = 2\ \Omega$. Să se mai determine:

a) tensiunea U dintre noduri;

b) tensiunea U_0 la bornele surselor la funcţionarea în gol ($R \to \infty$);

c) intensitatea curentului I_{sc} la funcţionarea în scurtcircuit ($R = 0$);

d) condiţia care ar trebui îndeplinită în cazul celor două surse legate în paralel pentru ca prin rezistorul legat la bornele lor să nu treacă curent, oricare ar fi rezistenţa acestuia;

e) pornind de la expresia pentru tensiunea U la bornele surselor, obţinută la punctul *a*, să se generalizeze această relaţie pentru cazul grupării în paralel a *n* surse avînd t.e.m. E_k şi rezistenţele interioare r_k iar la bornele grupării legat un rezistor de rezistenţă R;

f) ce valoare R_0 ar trebui să aibă rezistenţa rezistorului R pentru ca intensitatea curentului I_1 prin sursa 1 să se anuleze?

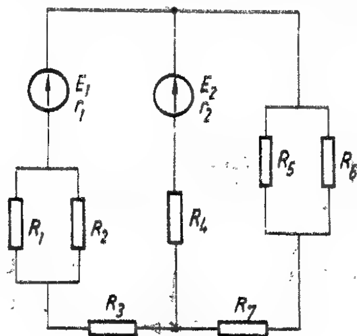


Fig. 2.9.29

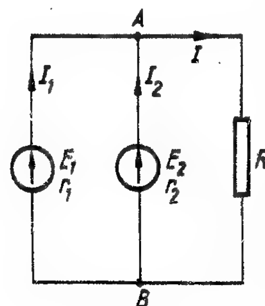


Fig. 2.9.30

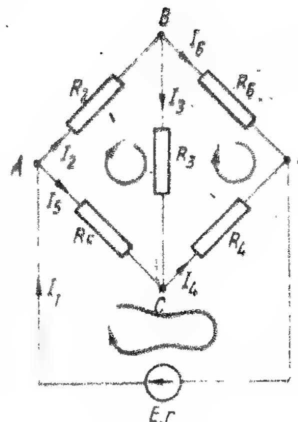


Fig. 2.9.32

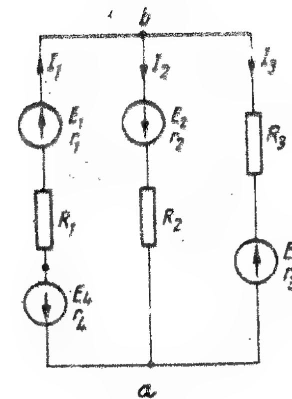


Fig. 2.9.33

2.9.31. Tensiunea la bornele unei surse la care este legat un rezistor este $U = 6$ V. Care trebuie să fie t.e.m. E_2 a unei alte surse astfel încît, legată în paralel cu prima, să determine creşterea tensiunii U' ($U' > U$) la bornele surselor?

2.9.32. Pentru circuitul din figura 2.9.32, se cunosc: $E = 47$ V; $r = 1\ \Omega$; $R_2 = 4\ \Omega$; $R_3 = 3\ \Omega$; $R_4 = R_6 = 1\ \Omega$; $R_5 = 2\ \Omega$. Să se calculeze intensităţile curenţilor din laturile circuitului.

2.9.33. Să se calculeze intensităţile curenţilor din laturile circuitului din figura 2.9.33, cunoscînd că: $E_1 = 55$ V; $E_2 = 10$ V; $E_3 = 30$ V; $E_4 = 15$ V; $r_1 = 0{,}3\ \Omega$; $r_2 = 0{,}4\ \Omega$; $r_3 = 0{,}1\ \Omega$; $r_4 = 0{,}2\ \Omega$; $R_1 = 9{,}5\ \Omega$; $R_2 = 19{,}6\ \Omega$; $R_3 = 4{,}9\ \Omega$. Să se calculeze şi tensiunea U_{ab} între punctele *a* şi *b*.

2.9.34. La bornele unei surse se leagă un rezistor cu rezistenţa R, tensiunea la borne fiind $U = 3$ V. Dacă se înlocuieşte rezistorul cu altul avînd rezistenţa $3R$, tensiunea la borne creşte cu $n = 20\%$. Să se calculeze t.e.m. E a sursei.

2.9.35. La bornele unei surse se leagă în serie două voltmetre care indică $U_1 = 8$ V şi $U_2 = 4$ V. Dacă se leagă la sursă numai al doilea voltmetru, acesta indică $U_2' = 10$ V. Care este tensiunea electromotoare E a sursei?

2.9.36. Un conductor de oţel are rezistenţa R_1 de două ori mai mare decît un conductor de cupru, $R_1 = 2R_2$. Pentru ce tip de legare a conductorilor, serie sau paralel, puterea disipată P_2 de conductorul de cupru este mai mare decît puterea P_1 disipată de conductorul de oţel?

2.9.37. Să se demonstreze că o sursă, cu t.e.m. E şi rezistenţa interioară r, transmite putere maximă P_{max} în circuitul exterior cînd rezistenţa R a circuitului exterior este egală cu rezistenţa interioară a sursei, $R = r$. Să se calculeze randamentul transmisiei $\left(\eta = \frac{P_{transmisă}}{P_{sursei}}\right)$.

2.9.38. O sursă avînd rezistenţa interioară $r = 0{,}25\ \Omega$ disipă pe un rezistor de rezistenţă $R_1 = 0{,}01\ \Omega$ o putere P. Pe ce alt rezistor de rezistenţă R_2 va disipa sursa aceeaşi putere P?

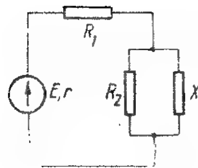


Fig. 2.9.39

2.9.39. Se consideră circuitul din figura 2.9.39, în care $E = 120$ V, $r = 1\ \Omega$, $R_1 = 19\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$. Să se calculeze:

a) valorile posibile pentru rezistenţa rezistorului X astfel ca puterea disipată de acesta să fie $P = 80$ W;

b) pentru ce valoare a rezistenţei rezistorului X, calculată la punctul *a*, puterea dezvoltată de sursă, P_s, este mai mare.

2.9.40. O sursă cu t.e.m. $E = 10$ V şi rezistenţă interioară $r = 1\ \Omega$ disipă pe un rezistor cu rezistenţa R puterea $P = 9$ W. Să se calculeze tensiunea U la bornele sursei. Să se interpreteze rezultatele obţinute.

2.9.41. O sursă disipă în circuitul exterior aceeaşi putere $P = 80$ W cînd la borne este legat un rezistor cu rezistenţa $R_1 = 5\ \Omega$ sau un rezistor cu rezistenţa $R_2 = 20\ \Omega$. Să se determine:

a) rezistenţa interioară r şi tensiunea electromotoare E ale sursei;

b) randamentele transferului de putere η cu care funcţionează sursa pentru R_1, R_2 şi în ce caz şi cu ce randament ar furniza sursa puterea maximă P_{max}?

2.9.42. Se dau $N = 24$ acumulatori avînd fiecare t.e.m. $E = 2$ V şi rezistenţa interioară $r = 0,3\ \Omega$. Care sînt posibilele grupări mixte ale acumulatorilor pentru ca intensitatea curentului prin circuitul exterior de rezistenţă $R = 0,2\ \Omega$ să aibă valoare maximă? Care este puterea disipată în circuitul exterior?

2.9.43. Se consideră două surse, prima cu t.e.m. $E_1 = 3$ V şi rezistenţa interioară $r_1 = 0,6\ \Omega$, cealaltă cu $E_2 = 6$ V şi $r_2 = 0,3\ \Omega$. Cum trebuie conectate sursele pentru a se transmite o putere maximă circuitului exterior avînd rezistenţa $R = 0,2\ \Omega$?

2.9.44. Două surse, cu rezistenţele interioare $r_1 = 0,3\ \Omega$ şi — respectiv — $r_2 = 1,2\ \Omega$, transferă aceeaşi putere maximă circuitului exterior, fie că sînt legate în paralel, fie în serie. Să se determine t.e.m. E_2, cunoscînd că $E_1 = 4$ V.

2.9.45. De la o sursă, la bornele căreia tensiunea este $U_0 = 10^5$ V, trebuie transmisă pe o linie de transport avînd lungimea $l = 5$ km puterea $P = 5$ MW. Considerînd pierderea de tensiune pe linie de $n = 1\%$, să se calculeze care trebuie să fie diametrul secţiunii minime a conductorilor din care trebuie să fie făcută linia.

2.9.46. Rezistenţa unui bec electric cu filament, pe soclul căruia stă scris 220 V — 100 W, este de 11 ori mai mică la rece (temperatura $t_1 = 20°$C) decît în starea de incandescenţă. Să se determine:

a) rezistenţa R, la rece;

b) valoarea coeficientului de temperatură α, dacă temperatura de încălzire a filamentului este $t_2 = 2\,350°$C.

2.9.47. O linie de argintare este alcătuită din 40 băi electrolitice legate în serie, prin care trece un curent de intensitate $I = 5$ A. Să se calculeze cantitatea de argint produsă de linie în $t = 8$ h $\left(K = 1,118\ \frac{\text{mg}}{\text{C}}\right)$.

2.9.48. Printr-o baie electrolitică care conţine o soluţie de sulfat de nichel ($NiSO_4$) se trece un curent de intensitate $I = 45$ A. Să se calculeze timpul în care se obţin 587 g de nichel prin electroliză. (Masa atomică a nichelului este $A = 58,69$; valenţa $n = 2$; $F = 96\,500\ \frac{\text{C}}{\text{ech. g}}$.)

2.9.49. Într-o cuvă (baie) electrolitică cu o soluţie de $AuCl_3$, unul din electrozi este un obiect care trebuie placat cu un strat de aur cu grosimea $h = 50\ \mu$m. Suprafaţa obiectului este $S = 5$ dm². În cît timp are loc aurirea dacă baia este străbătută de un curent de intensitate $I = 2$ A? Ce polaritate are obiectul ca electrod $\left(\text{densitatea aurului } 19,3 \cdot 10^3\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};\ K_{Au} = 0,681\ \text{mg/C}\right)$?

2.9.50. Două băi electrolitice, una cu $AgNO_3$, cealaltă cu $AuCl_3$, sînt legate în serie. Dacă la terminarea procesului de electroliză s-a depus la catodul primei băi $m_1 = 100$ g de argint, care este masa m_2 a cantităţii de aur depusă la catodul celeilalte băi ($A_1 = 107,88$; $A_2 = 197,2$; $n_1 = 1$; $n_2 = 3$)?

2.9.51. În circuitul de alimentare a unei băi electrolitice, un ampermetru indică un curent de intensitate $I_1 = 0,90$ A. Care este eroarea $\Delta I = I - I_A$ introdusă de instrument dacă în timp de $t = 10$ min la catodul băii s-au depus $m = 0,632$ g de argint ($K_{Ag} = 1,118$ mg/C)?

CAPITOLUL 10

[illegible]

2.10.1. Să se calculeze forţa exercitată asupra unui conductor rectiliniu avînd lungimea $l = 2$ m, parcurs de un curent de intensitate $I = 10$ A, într-un cîmp magnetic uniform $B = 1$ mT. În cîmpul magnetic conductorul este orientat: *a*) perpendicular; *b*) sub un unghi $\alpha = 60°$.

2.10.2. Într-un cîmp magnetic uniform orizontal cu $B = 0,02$ T se află un conductor orizontal, orientat sub unghiul $\alpha = 45°$. Să se calculeze care trebuie să fie intensitatea I a curentului prin conductor pentru ca acesta să rămînă suspendat numai sub acţiunea forţei magnetice. Masa pe unitatea de lungime a conductorului este $m_1 = 0,01$ kg/m.

2.10.3. Care este fluxul magnetic printr-o suprafaţă cu aria $S = 100$ cm², orientată sub unghiul $\alpha = 30°$ într-un cîmp magnetic uniform cu inducţia $B = 10^{-4}$T?

2.10.4. Să se calculeze inducţia cîmpului magnetic într-un punct aflat la distanţa $r = 10$ cm de un conductor rectiliniu foarte lung, situat în aer, parcurs de un curent de intensitate $I = 10$ A ($\mu_{aer} \approx \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m).

2.10.5. Prin vîrfurile unui triunghi echilateral cu latura $a = 10$ cm, trec, perpendicular pe planul figurii, trei conductori rectilinii foarte lungi, situaţi în aer, parcurşi de curenţi cu intensităţile $I_1 = I_2 = 10$ A şi $I_3 = -10$ A. Să se calculeze inducţia cîmpului magnetic B în punctele care determină dreapta egal depărtată de cei trei conductori $\left(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{\text{H}}{\text{m}}\right)$.

2.10.6. Doi conductori rectilinii, paraleli și foarte lungi, așezați în aer la distanța $a = 10$ cm unul de altul, sînt parcurși de curenți avînd aceeași intensitate $I = 30$ A, dar de sens contrar. Să se calculeze inducția B a cîmpului magnetic în punctul situat la:

a) mijlocul distanței dintre cei doi conductori;

b) distanța $r_1 = 15$ cm de un conductor și $r_2 = 5$ cm de celălalt, punct coplanar conductorilor.

2.10.7. Prin trei conductori foarte lungi situați în aer, coplanari și, echidistanți, distanța dintre doi conductori succesivi fiind $a = 3$ cm, trec curenți avînd intensitățile $I_1 = I_2$ și $I_3 = -(I_1 + I_2)$. Să se determine acea ordine a conductorilor pentru care se poate stabili poziția unei drepte situată coplanar și paralelă cu cei trei conductori, în punctele căreia inducția cîmpului magnetic rezultant B este zero.

2.10.8. Doi conductori rectilinii, foarte lungi, paraleli, situați în aer la distanța $d = 0{,}4$ m unul de celălalt, sînt parcurși de doi curenți avînd sensuri contrare și intensități egale $I_1 = -I_2 = 100$ A. Să se calculeze forța de interacție electromagnetică pe unitatea de lungime, f (de atracție sau de respingere?), dintre conductori.

2.10.9. Un conductor rectiliniu foarte lung parcurs de un curent de intensitate $I = 20$ A este plasat în planul unei bobine-cadru dreptunghiular, paralel cu două din laturile acesteia, ca în figura 2.10.9. Intensitatea curentului prin cadru este $I' = 10$ A, iar $a = c = 20$ cm, $b = 30$ cm. Ce sensuri pot avea curenții I și I' pentru ca forța F care acționează asupra cadrului să fie de atracție și care este valoarea acestei forțe?

2.10.10. Unei spire circulare din sîrmă de cupru avînd rezistivitatea $\rho = 1{,}673 \cdot 10^{-8}$ Ωm și aria secțiunii $S = 10$ mm^2 i se aplică tensiunea $U = 12{,}5$ mV. Inducția magnetică în centrul spirei este $B = 0{,}52 \cdot 10^{-4}$T. Care este intensitatea curentului care parcurge spira $\left(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \frac{\text{H}}{\text{m}}\right)$?

2.10.11. O bobină-cadru pătratică avînd $N = 500$ spire, cu aria secțiunii $S = 4$ cm^2, parcursă de un curent de intensitate $I = 10$ A, este orientată perpendicular pe liniile de cîmp magnetic uniform avînd inducția $B = 10^{-2}$T. Bobina este rotită cu un unghi $\alpha = 30°$ față de poziția sa inițială, în jurul axei perpendiculare pe liniile de cîmp. Să se calculeze momentul cuplului exercitat asupra bobinei în noua poziție și în poziția inițială.

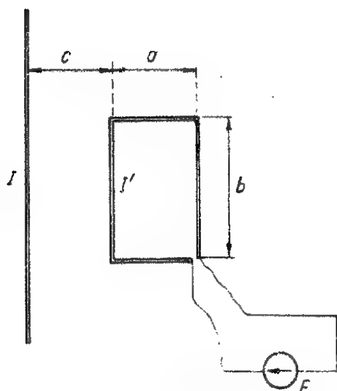


Fig. 2.10.9

2.10.12. Un conductor rectiliniu de lungime $l = 20$ cm, parcurs de un curent de intensitate $I = 5$ A, se mișcă cu o viteză $v = 20$ cm/s într-un cîmp magnetic uniform de inducție $B = 0{,}6$ T, orientată sub un unghi $\alpha = 30°$ față de direcția conductorului. Să se calculeze:

a) forța exercitată asupra conductorului;

b) puterea mecanică cheltuită pentru mișcarea conductorului.

2.10.13. Principiul de funcționare a aparatului de măsură magnetoelectric constă în acțiunea unui cîmp magnetic, produs de un magnet permanent, asupra unei bobine-cadru mobile, parcursă de curentul de măsurat, de intensitate I. În aceste condiții, ia naștere un cuplu, de moment M, care imprimă o mișcare de rotație bobinei-cadru și prin aceasta unui ac indicator ce se deplasează în fața unui cadran etalonat. Cîmpul magnetic dintre polii (întrefierul) magnetului este orientat radial, astfel încît forța exercitată asupra unei laturi a bobinei paralele cu axul de rotoție (latura activă) este orientată tangențial. La echilibru, momentul cuplului M produs de forțele electromagnetice este egal cu cuplul opus (antagonist) $M_a = k\alpha$ produs de două arcuri spirale. Rezultă că indicația α este proporțională cu intensitatea curentului de măsurat: $\alpha = KI$, unde constanta de proporționalitate K reprezintă sensibilitatea aparatului. Constanta aparatului magnetoelectric C este egală cu intensitatea curentului corespunzătoare unei deviații de o diviziune a acului indicator.

Aparatul magnetoelectric de măsură, reprezentat schematic în figura 2.9.16, are o bobină-cadru cu $N = 500$ spire și dimensiunile $a = 20$ cm și $b = 30$ cm, unde b este lungimea laturii active a cadrului bobinei. Inducția cîmpului magnetic în întrefier este $B = 0{,}1$ T. Cuplul antagonist este produs de două arcuri spirale avînd, împreună, constanta elastică de torsiunea $k = 5 \cdot 10^{-5}$ N · m/grad. Să se calculeze:

a) unghiul α cu care se rotește acul indicator cînd bobina-cadru este parcursă de un curent continuu cu intensitatea $I = 1$ mA;

b) constanta C a aparatului, dacă intervalul dintre două diviziuni de pe scala aparatului este de 2°.

2.10.14. Un proton avînd viteza $v_0 = 5 \cdot 10^4$ m/s pătrunde* într-un cîmp uniform de inducție magnetică $B = 10^{-3}$T, sub un unghi $\alpha = 10°$ față de liniile de cîmp. Să se calculeze raza R și pasul elicoidei h pe care se mișcă protonul în cîmp. Sarcina și masa protonului sînt $q = |e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ și $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.

2.10.15. Un electron pătrunde cu viteza $v_0 = 8 \cdot 10^6$ m/s într-un cîmp uniform de inducție magnetică $B = 3{,}14 \cdot 10^{-2}$ T, sub un unghi $\alpha = 30°$ față de orientarea liniilor de cîmp. Să se calculeze raza R și pasul h al elicoidei pe care se mișcă electronul în cîmp ($|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$kg).

2.10.16. Două particule nucleare, un proton p și o particulă α, sînt accelerate sub aceeași tensiune U, viteza lor inițială fiind nulă. După procesul de accelerare, particulele pătrund perpendicular într-un cîmp magnetic uniform. Să se calculeze raportul razelor R_α/R_p a traiectoriilor circulare a particulelor. Sarcina particulei α este $q_\alpha = 2|e|$, a protonului $q_p = |e|$; $m_\alpha = 6{,}65 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.

2.10.17. Ce viteză să aibă un proton, pentru ca mișcîndu-se orizontal și perpendicular pe direcția liniilor de cîmp magnetic terestru, traiectoria lui să rămînă rectilinie. Componenta orizontală a inducției magnetice terestre este $B_0 = 2{,}3 \cdot 10^{-4}$T, iar accelerația gravitațională $g = 9{,}81$ m/s^2. Sarcina și masa protonului sînt $q = |e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.

2.10.18. Un fascicul electronic, accelerat la tensiunea $U = 1\,000$ V (viteza inițială a electronilor se consideră nulă), intră perpendicular într-un

* Se consideră că mișcarea particulei se face în regiuni cu vid înaintat, așa cum se presupune și în problemele următoare.

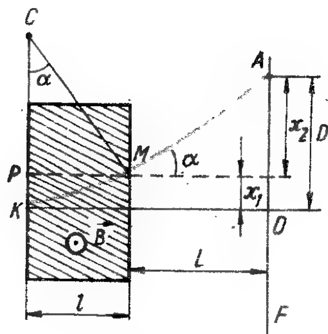


Fig. 2.10.18

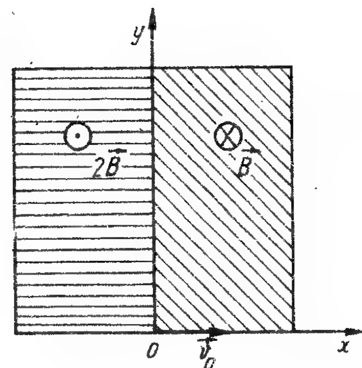


Fig. 2.10.19

cîmp magnetic uniform cu inducția $B=10^{-3}$T (fig. 2.10.18). Lărgimea regiunii unde există cîmpul magnetic este $l = 5$ cm. La o distanță $L = 25$ cm de la ieșirea din cîmpul magnetic, fasciculul lovește un ecran fluorescent F pe care apare o pată (spot) luminoasă. Să se calculeze distanța D dintre poziția deplasată a spotului și poziția sa în absența cîmpului magnetic. Sarcina și masa electronului sînt $|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C și $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg.

2.10.19. Se consideră o regiune a spațiului în care de-a lungul axei Oy și perpendicular pe axa Ox există o suprafață de separație între două zone în care inducția cîmpului magnetic are în zona din stînga, respectiv în zona din dreapta axei Oy, valorile $2\vec{B}$ și $\vec{B}$ (fig. 2.10.19). Perpendicular pe B și pe suprafața de separație a celor două zone pătrunde un electron ($|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, $m = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg) cu viteza $v_0 = 10^7$ m/s. Care va fi traiectoria și viteza v_y a electronului în lungul axei Oy?

CAPITOLUL 11

INDUCȚIA ELECTROMAGNETICĂ

2.11.1 O spiră cu aria suprafeței $S = 3$ cm^2 este situată într-un cîmp magnetic uniform avînd liniile de cîmp perpendiculare pe planul spirei. Care este valoarea medie a tensiunii electromotoare induse în spiră, e, dacă în intervalul de timp $\Delta t = 0{,}02$ s inducția magnetică descrește de la $B_1 = 0{,}3$ T la $B_2 = 0{,}1$ T?

2.11.2. Care este fluxul magnetic Φ printr-o spiră a unei bobine cu $N = 1\,500$ spire, dacă prin anularea uniformă a inducției cîmpului magnetic uniform B, în intervalul $\Delta t = 0{,}1$ s, în bobină se induce tensiunea electromotoare $e = 15$ V?

2.11.3. O spiră circulară cu aria $S = 5 \cdot 10^{-3}$ este situată într-un cîmp magnetic uniform cu inducția $B = 0{,}2$ T. Axa longitudinală a spirei face un unghi $\alpha = 60°$ cu liniile de cîmp. Care este valoarea medie a t.e.m. induse, e, dacă se suprimă cîmpul magnetic în intervalul de timp $\Delta t = 0{,}02$ s?

2.11.4. În regiunea de mijloc a unui solenoid lung se introduce, între două spire alăturate, o spiră conductoare cu raza de 5 cm. Solenoidul are lungimea $l = 2$ m, $N = 1\,000$ spire și este parcurs de curentul de intensitate $I = 10$ A. Să se calculeze valoarea medie, e, a t.e.m. induse dacă se întrerupe curentul prin circuit în intervalul de timp $\Delta t = 0{,}01$ s.

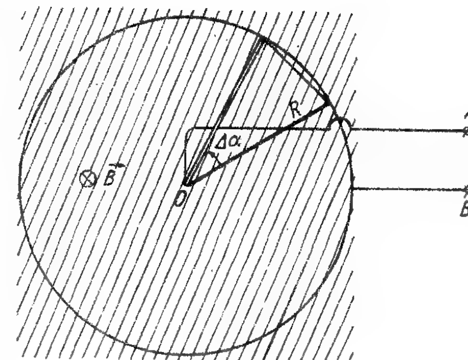


Fig. 2.11.6

2.11.5. Într-un cîmp magnetic uniform de inducție $B = 0{,}04$ T se află o bobină cadru cu $N = 300$ spire. Rezistența bobinei este $R = 40\ \Omega$ iar aria suprafeței unei spire $S = 16$ cm^2. Axul bobinei face un unghi $\alpha = 60°$ cu direcția liniilor de cîmp. Ce sarcină electrică parcurge bobina la dispariția (anularea) cîmpului magnetic?

2.11.6. Se consideră circuitul din figura 2.11.6, situat într-un cîmp magnetic uniform de inducție $B = 10^{-2}$T, perpendiculară pe planul circuitului. Tija metalică radială, de lungime $R = 5$ cm, se rotește uniform cu $n = 20$ rot/s. Să se calculeze tensiunea U_{AB} la bornele circuitului.

2.11.7. Un avion turboreactor zboară, orizontal, cu o viteză $v = 900$ km/h. Distanța dintre capetele aripilor este $l = 50$ m, iar componenta verticală a inducției magnetice terestre este $B = 5 \cdot 10^{-5}$T. Să se determine tensiunea U între capetele aripilor.

2.11.8. Fluxul magnetic printr-o spiră a unei bobine cu $N = 400$ spire variază cu timpul așa cum se arată în diagrama din figura 2.11.8. Să se determine valoarea cea mai mare, e_1, și valoarea cea mai mică, e_2, diferită de zero, a t.e.m. induse în bobină și să se explice de ce pentru $t \in (0{,}2;\ 0{,}4)$ s, t.e.m. indusă în bobină este zero.

2.11.9. Un conductor rectiliniu AA', cu lungimea $l = 1{,}2$ m, este legat, prin sîrme foarte subțiri și flexibile, la bornele unei surse cu t.e.m. $E = 24$ V și rezistența interioară $r = 5\ \Omega$ (fig. 2.11.9). Conductorul se mișcă uniform, cu o viteză $v = 12{,}5$ m/s, perpendicular pe liniile unui cîmp magnetic de inducție $B = 0{,}8$ T. Să se calculeze intensitatea curentului I prin conductor.

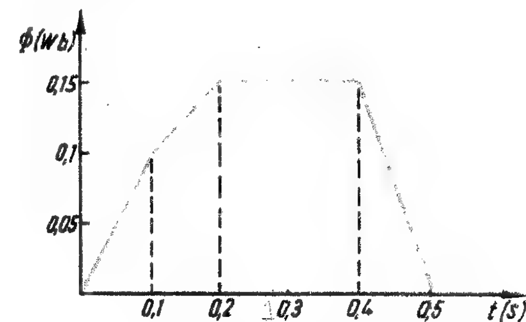


Fig. 2.11.8

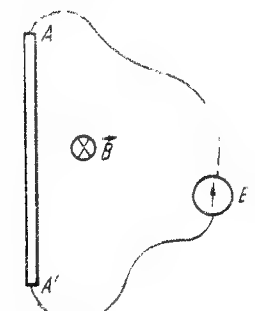


Fig. 2.11.9

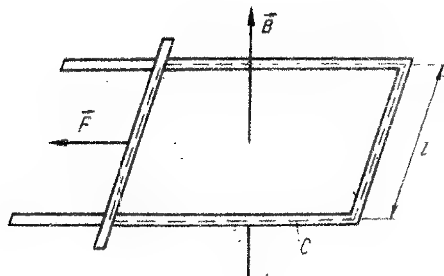


Fig. 2.11.10

În ce raport se află I față de intensitatea curentului I' prin conductor, cînd acesta se oprește? Rezistența circuitului exterior este $R = 25\ \Omega$.

2.11.10. Un conductor rectiliniu de lungime l face parte dintr-un circuit dreptunghiular închis C. Conductorul se poate mișca uniform, cu viteza $\vec{v}$, sub acțiunea unei forțe exterioare $\vec{F}$, în cîmpul magnetic de inducție $\vec{B}$, normală pe planul circuitului (fig. 2.11.10). Sensul conturului C este asociat, după regula burghiului drept, sensului lui $\vec{B}$. Experimental se constată că în circuit apare o t.e.m. de inducție e și un curent în sensul acestei t.e.m. Punînd condiția de conservare a puterilor pentru experimentul descris, să se deducă expresia $e = -\Delta\Phi/\Delta t$ a legii inducției electromagnetice.

2.11.11. Trei sîrme izolate (emailate) sînt îndoite în formă de bucle, ca în figura 2.11.11, *a*, *b*, *c*, cercul mare al buclelor avînd raza $r_1 = 20$ cm, cel mic $r_2 = 5$ cm. Buclele de sîrmă sînt situate într-un cîmp magnetic, avînd inducția normală pe planul buclelor și cu variație uniform crescătoare în timp, viteza de creștere fiind $\Delta B / \Delta t = 0{,}05$ T. Să se determine:

a) tensiunea electromotoare indusă, e, în circuitul buclă și *b*) tensiunea U_{CD} între punctele CD în cele trei cazuri.

2.11.12. Pe un inel conductor (de rezistență foarte mică), cu diametrul $D = 20$ cm (fig. 2.11.12), alunecă capetele CC' ale unei bare conductoare fixate de un ax conductor perpendicular pe centrul inelului, ax care se rotește cu turația constantă $n = 300$ rot/min. Rezistența barei este $r = 0{,}2\ \Omega$. Sistemul este plasat într-un cîmp magnetic uniform cu inducția $B = 10^{-2}$T, paralelă cu axul. Între inel și ax este legat un rezistor cu rezistențe $R = 0{,}2\ \Omega$.

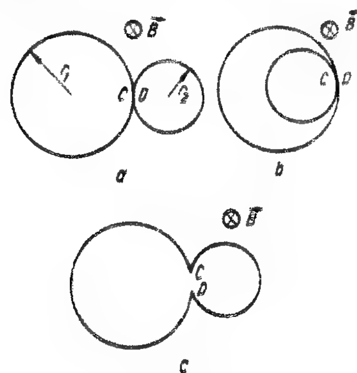


Fig. 2.11.11

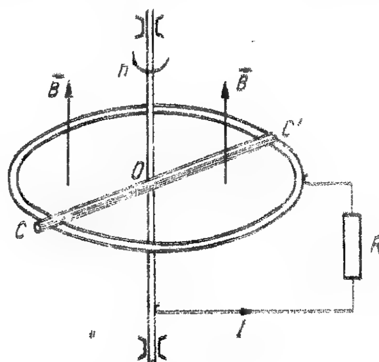


Fig. 2.11.12

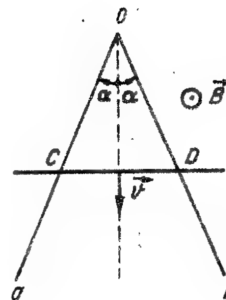


Fig. 2.11.13

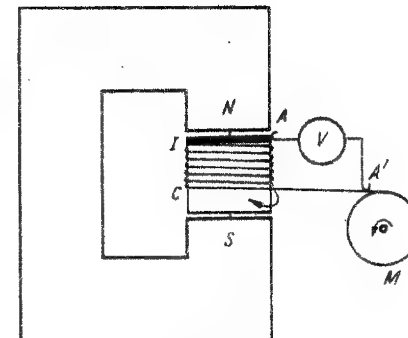


Fig. 2.11.14

a) Să se determine căldura Q disipată în rezistor.

b) Dacă se fixează bara pe inel, iar roata astfel formată se rotește cu aceeași turație n, care este valoarea căldurii disipate în rezistorul R?

2.11.13. Un conductor unghiular aOb cu deschiderea $2\alpha = 30°$ se află într-un cîmp magnetic de inducție $B = 0{,}1$ T, perpendiculară pe planul determinat de conductor, așa cum se arată în figura 2.11.13. Bara conductoare CD în permanent contact cu conductorul unghiular se mișcă uniform cu viteza $v = 2$ m/s, rămînînd mereu perpendiculară pe bisectoarea unghiului aOb. Rezistența pe unitatea de lungime a circuitului astfel format este $R_e = 0{,}33\ \Omega$/m. Să se calculeze intensitatea I a curentului care parcurge circuitul triunghiular.

2.11.14. Așa cum se arată în figura 2.11.14, pe carcasa cilindrică de carton, C, se înfășoară sîrmă de pe mosorul M cu viteza unghiulară ω. Capătul sîrmei de pe carcasa C este fixat la un inel metalic I care alunecă sub o lamelă de contact A. Între lamela A și o altă lamelă A' care face contact cu sîrma care se desfășoară de pe mosorul M se conectează un voltmetru V. Carcasa se rotește în jurul axului ei longitudinal, orientat paralel cu liniile cîmpului dintre polii unui magnet. Ce va indica voltmetrul? (Dispersia liniilor de cîmp magnetic în întrefierul magnetului se neglijează.)

2.11.15. Sîrma de cupru din care este format un solenoid cu lungimea $l = 2$ m și rezistența $R = 2\ \Omega$ are diametrul $D = 1$ mm și rezistivitatea $\rho = 1{,}67 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$m. Să se calculeze inductanța L a solenoidului.

2.11.16. O bobină lungă, cu un singur strat, este despărțită în două secțiuni, ca în figura 2.11.16. Măsurarea inductanțelor secțiunilor a dat pentru prima secțiune $L_1 = 0{,}04$ H și $L_2 = 0{,}09$ H pentru a doua secțiune.

a) Care este inductanța L a întregii bobine?

b) Cîte spire are bobina, dacă prima secțiune are $N_1 = 100$ spire?

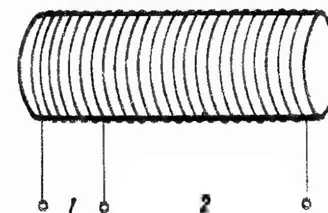


Fig. 2.11.16

RĂSPUNSURI

2.1.1. *a)* $m_{O_2} = \frac{\mu_{O_2}}{N_A} = 5{,}3 \cdot 10^{-26}$kg; $m_O = \frac{\mu_O}{N_A} = 2{,}65 \cdot 10^{-26}$kg.

b) $m_{N_2} = 4{,}65 \cdot 10^{-26}$kg, $m_N = 2{,}32 \cdot 10^{-26}$kg; *c)* $m_{He} = 6{,}64 \cdot 10^{-27}$kg.

2.1.2. *a)* $N = N_A \frac{m}{\mu_{CO_2}} = 1{,}37 \cdot 10^{25}$; *b)* $m_{CO_2} = \frac{\mu_{CO_2}}{N_A} = 7.31 \cdot 10^{-26}$ kg;

c) $n = \frac{N_A V}{\mu_{CO_2}} \rho_0 = 2{,}7 \cdot 10^{25}$; *d)* $d = \sqrt[3]{\frac{\mu_{CO_2}}{N_A \rho_0}} = 3{,}3 \cdot 10^{-9}$m.

2.1.3. *a)* $m_{NH_3} = \frac{\mu}{N_A} = 2{,}7 \cdot 10^{-26}$kg; *b)* $\rho_0 = \frac{\mu}{V\mu_0} = 0{,}754$ kg/m³.

2.1.4. $N_0 = \frac{N_A}{V\mu_0} = 2{,}68 \cdot 10^{25}$m⁻³.

2.1.5. $d = \sqrt[3]{\frac{1}{N_0}} = 3 \cdot 10^{-9}$m ($N_0$ — numărul lui Loschmidt).

2.1.6. $k = \frac{V'}{V} = \frac{\nu N_A v_0}{\nu V \mu_0} = \frac{N_A}{V\mu_0} \cdot \frac{\pi d^3}{6} = \frac{1}{71\,000}$.

2.1.7. *a)* $m_{CS_2} = \frac{\mu_{CS_2}}{N_A} = 1{,}26 \cdot 10^{-25}$kg; *b)* $v_{CS_2} = \frac{\mu_{CS_2}}{\rho N_A} \simeq 10^{-28}$m³;

c) $d = \sqrt[3]{\frac{6v_{CS_2}}{\pi}} = 5{,}76 \cdot 10^{-10}$m.

2.1.8. $v_0 = \frac{\mu}{\rho N_A} = 1{,}7 \cdot 10^{-29}$m³; $d = 3 \cdot 10^{-10}$m.

2.2.1. Vezi figura 2.2.1, R.

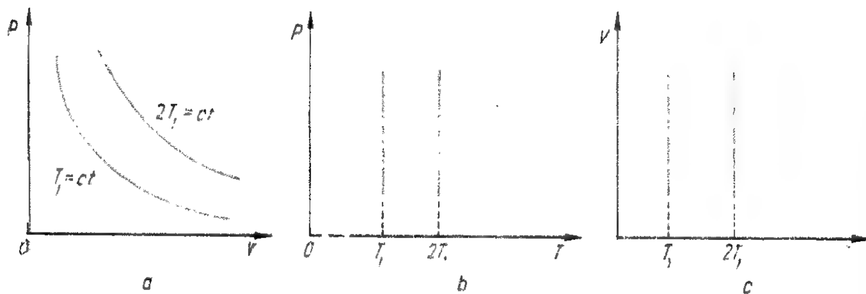


Fig. 2.2.1, R

2.2.2. Vezi figura 2.2.2, R; $\Delta V = (n - 1) V_1 = 3V_1$.

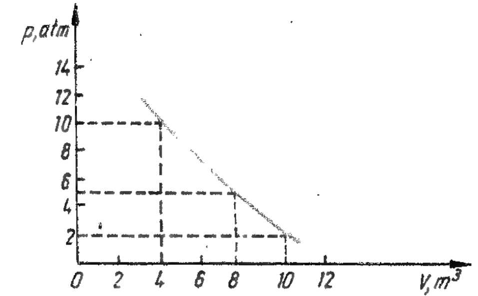


Fig. 2.2.2, R

2.2.3. $V_1 = \frac{p_0 V_0}{p_1} = 0{,}02$ m³.

2.2.4. $p_1 = \frac{V_2 \Delta p}{V_2 - V_1} = 0{,}24 \cdot 10^5$N/m².

2.2.5. $m_1 = \frac{p_0 S_0}{g} + m = 26$ kg.

2.2.6. $F_f = \frac{p_0 l}{l - d} \pi r^2 = 46{,}2$ N.

2.2.7. $l = \frac{\left(p_0 - \rho g \frac{h}{2}\right)\left(L - \frac{h}{2}\right)}{p_0 + \rho g h}$.

2.2.8. $p_0 = \rho g h \frac{l_1 + l_2}{l_1 - l_2} = 1{,}01 \cdot 10^5$N/m².

2.2.9. $x = \frac{p_0 + \rho g l - \sqrt{p_0^2 + (\rho g l)^2 + \frac{2}{3} p_0 \rho g l}}{2\rho g} \simeq 0{,}08$ m $= 8$ cm.

2.2.10. $x = \frac{p_0 + \rho g(l_1 + h) - \sqrt{[p_0 + lg(l_1 + h)]^2 - 4\rho g p_0 l_1}}{2\rho g} = 4{,}4 \cdot 10^{-2}$m.

2.2.11. $p_1 = \frac{\rho g h[(L - h)^2 - 4l^2]}{4l(L - h)} = 5 \cdot 10^4$N/m².

2.2.12. *a)* $p_1' = p_0 \frac{L}{L + 2h} = 0{,}56 \cdot 10^5$N/m²;

$p_2' = p_0 \frac{L}{L - 2h} = 5 \cdot 10^5$N/m²; *b)* $F = (p_2' - p_1')S = 888$ N.

2.2.13. $p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2 + p_3 V_3}{V_1 + V_2 + V_3} = 0{,}8 \cdot 10^5$ N/m²;

$V_1' = \frac{p_1 V_1}{p} = 90 \cdot 10^{-6}$m³; $V_2' = \frac{p_2 V_2}{p} = 45 \cdot 10^{-6}$m³; $V_3' = \frac{p_3 V_3}{p} = 65 \cdot 10^{-6}$m³.

2.2.14. $H = \frac{p_0'(p_0 - p_0') - p'(p - p')}{\rho g(p_0 - p_0' - p + p')} = 77{,}4$ cm.

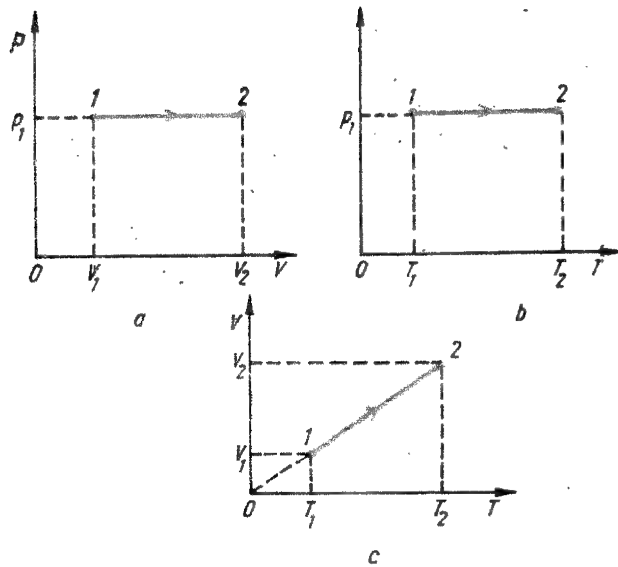


Fig. 2.2.18, R

2.2.15. $x = \frac{(4p_1 + 3\rho gh)h}{2(2p_1 - 3\rho gh)}$.

2.2.16. $h = h_2 \frac{p_0 + \rho g(h_1 - h_2)}{\rho g(h_1 + h_2)} = 53$ cm.

2.2.17. $\omega = \sqrt{\frac{p_0 V}{m(l^2 - r^2)}} = 200$ rad/s.

2.2.18. Vezi figura 2.2.18, R.

2.2.19. a) $V = V_1 T_2/T_1 = 0{,}27 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$; b) $V = V_1 \cdot T_3/T_1 = 0{,}225 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$.

2.2.20. $T_1 = T_2 \ V_1/V_2 = 400$ K.

2.2.21. a) $\Delta T = nT_1 = 60$ K (crește); b) $\Delta T = nT_1 = 60$ K (scade).

2.2.22. $\frac{\Delta V}{V_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} = 0{,}33$ sau 33%.

2.2.23. $T_1 = \frac{TV}{V + n\Delta V} = 267$ K; $T_2 = \frac{T(V + N\Delta V)}{V + n\Delta V} = 321$ K.

2.2.24. $T_1 = 3/2 \ T_0 = 410$ K; $T_2 = \frac{3}{4} T_0 \simeq 205$ K.

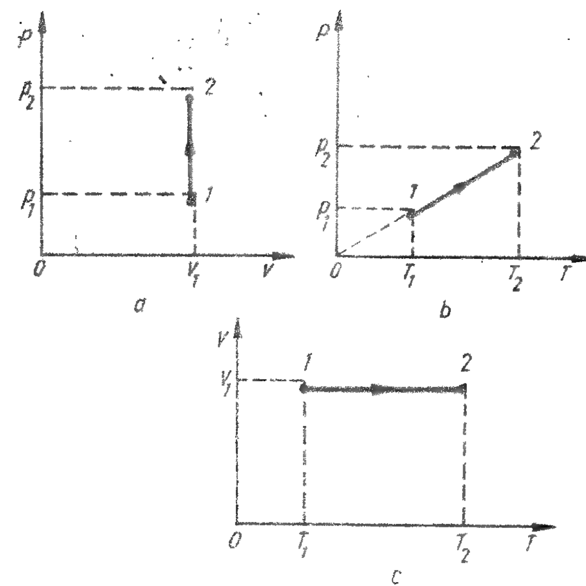


Fig. 2.2.26, R

2.2.25. $p_2 = p_3 > p_1$.

2.2.26. Figura 2.2.26, R.

2.2.27. a) $p_1 = T_1 \frac{p}{T} = 1{,}44 \cdot 10^5\text{N/m}^2$; b) $p_2 = T_2 \frac{p}{T} = 0{,}85 \cdot 10^5\text{N/m}^2$.

2.2.28. $T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 576$ K.

2.2.29. $\frac{\Delta p}{p_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 50\%$.

2.2.30. $T_1 = \frac{p_1 + p_0}{\Delta p} \Delta T = 323$ K (50°C); $T_2 = T_1 - \Delta T = 238$ K sau -35°C.

2.2.31. $\Delta F = \frac{(T_2 - T_1)(F_1 + Sp_0)}{T_1} = 101$ N.

2.2.32. $V_1 > V_2$.

2.2.33. $\frac{p_1'}{p_2'} = (p_1/p_2) \cdot (T_2/T_1) = 4$.

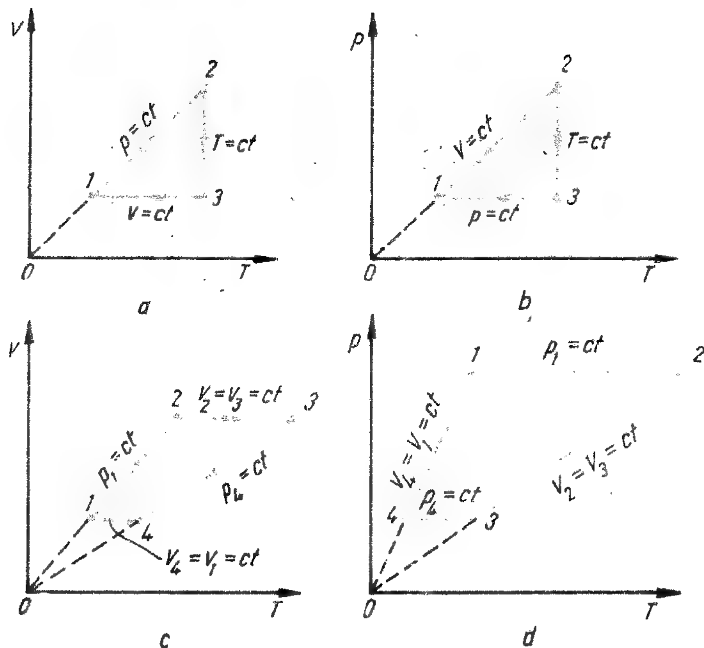


Fig. 2.2.34, R

2.2.34. Vezi figura 2.2.34, R, *a*, *b*, *c*, *d*.

2.2.35. $1 \xrightarrow{V} 2 \Rightarrow p_1/p_2 = T_1/T_2$ (1), $2 \xrightarrow{p} 3 \Rightarrow V_2/T_2 = V_3/T_3$ (2), $3 \to 1$, $p_3V_3/T_3 = p_1V_1/T_1$ (3), $V_1 = V_2$ (4), $p_2 = p_3$ (5). În transformarea $3 \to 1$, $V = kp$, unde k = const. deci $V_1 = kp_1$ şi $V_3 = kp_3$ (6). Rezolvînd sistemul de ecuaţii (1—6), avem $T_3 = T_2/T_1$.

2.2.36. $p_4 = \dfrac{p_2V_1T_3}{T_2V_4} = 10^5\text{N/m}^2$. Vezi figura 2.2.36, R, *a*, *b*, *c*.

2.2.37. $V_2 = \dfrac{p_1T_2V_1}{p_2T_1} = 1{,}14 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$; $\Delta V = |V_2 - V_1| = 1{,}4 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$.

2.2.38. *a*) $V_0 = \dfrac{p_1T_0V_1}{p_0T_1} = 665\ \text{m}^3$; *b*) $m = \dfrac{\mu p_1V_1}{RT_1} = 925$ kg.

2.2.39. $m = \dfrac{\mu pV}{RT} = 44$ kg.

2.2.40. $\mu = \dfrac{mRT}{pV} = 58{,}2$ kg/kmol (C_4H_{10}).

2.2.41. $\rho = \dfrac{\mu p}{RT} = 4{,}7 \cdot 10^3\text{kg/m}^3$.

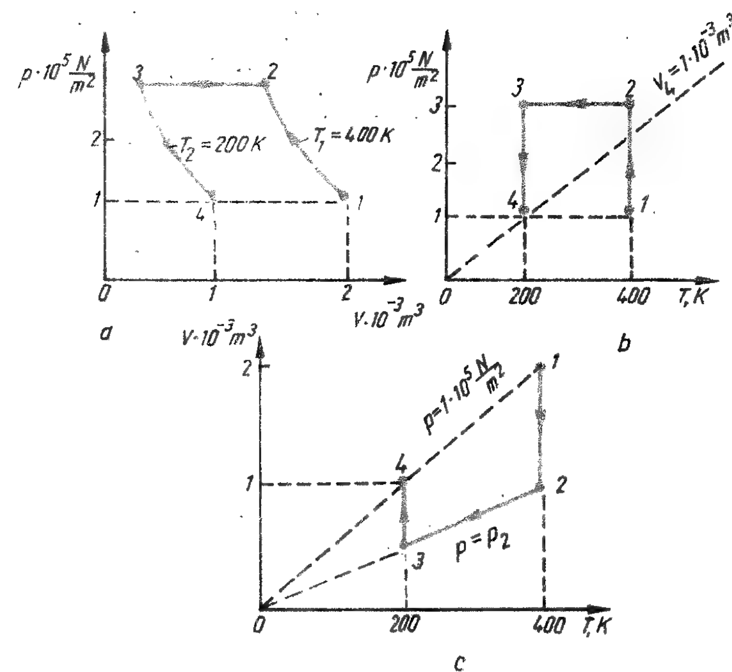


Fig. 2.2.36, R

2.2.42. *a*) $1 \to 1'$ izocor; $1' \to 2$ izobar; *b*) $T_{max} = T_2 = T_1 \dfrac{\rho_1}{\rho_2}\dfrac{p_2}{p_1} = 10\ T_1$.

2.2.43. $\Delta m = m_1 - m_2 = \dfrac{\mu V}{R}\left(\dfrac{p_1}{T_1} - \dfrac{p_2}{T_2}\right) = 1{,}85$ kg.

2.2.44. $p_1V_1 = \dfrac{m_1}{\mu}RT$; $p_2V_2 = \dfrac{m_2}{\mu}RT$; $p(V_1 + V_2) = \dfrac{m_1 + m_2}{\mu}RT$.

Din ecuaţiile de stare de mai sus rezultă $p_1 = \dfrac{p(V_1 + V_2) - p_2V_2}{V_1} = 5 \cdot 10^5\text{N/m}^2$.

2.2.45. $p = \dfrac{T}{2}\left(\dfrac{p_1}{T_1} + \dfrac{p_2}{T_2}\right)$.

2.2.46. $x = \dfrac{(T_2 - T_1)l}{2(T_1 + T_2)} \simeq 0{,}02$ m; $p_2 = p_1\dfrac{T_1 + T_2}{2T_1} = 1{,}05 \cdot 10^5\text{N/m}^2$.

2.2.47. *a*) Condiţia de echilibru a pistoanelor după încălzirea aerului şi deplasarea punctului *O* spre dreapta pe distanţa x se poate scrie, folosind notaţiile din figura 2.2.47, R: $kx + pS_1 - p_0S_1 - F = 0$, $p_0S_2 + F - p_2S = 0$ unde F este forţa de tensiune din tijă, p — presiunea aerului cuprins între cele două pistoane. Aerul dintre cele două pistoane suferă o transformare izocoră $\dfrac{p_0}{T_0} = \dfrac{p}{T + \Delta T}$. Eliminînd pe T şi p din ecuaţiile de mai sus avem

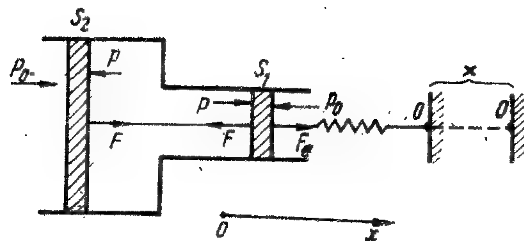


Fig. 2.2.47, R

$x = \dfrac{p_0(S_2 - S_1)}{k} \cdot \dfrac{\Delta T}{T_0} = 0{,}25$ m deoarece $x > 0$, rezultă că punctul O trebuie deplasat spre dreapta; *b*) $L = (1/2)\,kx^2 = 12{,}5$ J.

2.2.48. *a*) $p_1 = \dfrac{pl}{l + \Delta l} = 0{,}7\ \text{N/m}^2$; $p_2 = \dfrac{pl}{l - \Delta l} = 1{,}7 \cdot 10^5\text{N/m}^2$; *b*) $E = (p_2 - p_1)S = 200$ N; *c*) $\Delta m = \dfrac{\mu}{RT} S(l - \Delta l)(p_2 - p_1) = 1{,}44 \cdot 10^{-3}$ kg.

2.2.49. $x = \dfrac{L\mu_1 T_2}{\mu_1 T_1 + \mu_2 T_2} = 0{,}6$ m față de capătul compartimentului cu H_2.

2.2.50. $\dfrac{T_1}{T_2} = \dfrac{\mu_1}{\mu_2}$.

2.2.51. $\dfrac{V_1'}{V_2'} = \dfrac{V_1}{V_2} \cdot \dfrac{T_1}{T_2} = 1$.

2.2.52. *a*) $V_1 = V\dfrac{\nu_1 T_1}{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2} = 2 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$; $V_2 = V\dfrac{\nu_2 T_2}{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2} = 4 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$; *b*) $T_1' = \dfrac{1}{2}\left(T_1 + \dfrac{\nu_2}{\nu_1} T_2\right) = 450$ K, $T_2' = \dfrac{1}{2}\left(T_2 + \dfrac{\nu_1}{\nu_2} T_1\right) = 300$ K.

2.2.53. $T_2 = T_1 \dfrac{n^2 - 1}{k^2 - 1} \cdot \dfrac{k}{n} = 540$ K.

2.2.54. *a*) $\rho_1 = \dfrac{p_1\mu}{RT_1} \simeq 29\ \text{kg/m}^3$; *b*) $V = \dfrac{\Delta m T_1 T_2 R}{p_1\mu(T_2 - T_1)} \simeq 6{,}4\ \text{m}^3$; *c*) $m_2 = \dfrac{p_1 V\mu}{RT_1} - \Delta m \simeq 180$ kg; $\nu = \dfrac{\Delta m}{\mu} \simeq 0{,}21$.

2.2.55. $\nu_1 = \dfrac{4}{5}\nu = 4$ kmol; $\nu_2 = \nu/5 = 1$ kmol.

2.2.56. În starea 1: $V_1 = \dfrac{mRT_1}{\mu p_1} \simeq 0{,}25\ \text{m}^3$, p_1 și T_1 sînt cunoscuți; în starea 2: $V_2 = 5V_1 = 1{,}25\ \text{m}^3$, $T_2 = T_1\dfrac{V_2}{V_1} = 1\,500$ K, $p_2 = p_1 = 5 \cdot 10^5\text{N/m}^2$; în starea 3: $V_3 = V_2 = 1{,}25\ \text{m}^3$; $T_3 = T_2/2 = 750$ K, $p_3 = p_1/2 = 2{,}5 \cdot 10^5\text{N/m}^2$.

2.2.57. $p = p_0\dfrac{\mu_{aer}}{\mu_{H_2}} - \dfrac{RTM}{\mu_{H_2} V} \simeq 0{,}85\ \text{N/m}^2$.

2.2.58. $pV = (\nu_1 + \nu_2)RT$; ν_1 — numărul de kmol de NO, ν_2 — numărul de kmol de N_2; $\dfrac{m_1}{\mu_1} + \dfrac{m_2}{\mu_2} = \dfrac{pV}{RT}$; $m_1 + m_2 = m$, unde m_2 este masa azotului, μ_1 — masa molară a oxidului de azot, μ_2 — masa molară a azotului N_2. Din ultimele două ecuații rezultă $m_1 = \left(\mu_1\mu_2\dfrac{pV}{RT} - m\mu_1\right)\dfrac{1}{\mu_2 - \mu_1} = 7{,}6$ kg.

Capitolul 3. PRINCIPIILE TERMODINAMICII

2.3.1. $c_V = \dfrac{C_V}{\mu} = 650\ \text{J/kg}\cdot\text{K}$; $c_p = c_V + \dfrac{R}{\mu} \simeq 910\ \text{J/kg}\cdot\text{K}$.

2.3.2. $c_V = \dfrac{C_V}{\mu} = \dfrac{3}{2}\dfrac{R}{\mu} \simeq 3{,}12 \cdot 10^3\text{J/kg}\cdot\text{K}$; $c_p = c_V + \dfrac{R}{\mu} = \dfrac{5}{2}\dfrac{R}{\mu} \simeq 5{,}19 \cdot 10^3\text{J/kg}\cdot\text{K}$.

2.3.3. $c_V = \dfrac{R}{\mu(\gamma - 1)} = 0{,}69\ 10^3\text{J/kg}\cdot\text{K}$; $c_p = \gamma c_V = 0{,}97 \cdot 10^3\text{J/kg}\cdot\text{K}$.

2.3.4. Dacă încălzim amestecul cu ΔT, el primește căldura Q; $Q = (\nu_1 + \nu_2)C_V\,\Delta T$; $Q_1 = \nu_1 C_{V_1}\Delta T$; $Q_2 = \nu_2 C_{V_2}\Delta T$; $Q = Q_1 + Q_2$; $(\nu_1 + \nu_2)C_V = \nu_1 C_{V_1} + \nu_2 C_{V_2} \Rightarrow C_V = \dfrac{\nu_1 C_{V_1} + \nu_2 C_{V_2}}{\nu_1 + \nu_2}$, $\nu_1 + \nu_2 = \nu$, $\dfrac{m_1 + m_2}{\mu} = \dfrac{m_1}{\mu_1} + \dfrac{m_2}{\mu_2}$; $c_V = \dfrac{C_V}{\mu} = \dfrac{\nu_1 C_{V_1} + \nu_2 C_{V_2}}{m_1 + m_2}$; $m_1 = \nu_1/\mu_1$, $c_V = \dfrac{\nu_1 C_{V_1} + \nu_2 C_{V_2}}{\mu_1\nu_1 + \mu_2\nu_2}$; $c_p = \dfrac{\nu_1 C_{p_1} + \nu_2 C_{p_2}}{\mu_1\nu_1 + \mu_2\nu_2}$.

2.3.5. $\gamma = \dfrac{\nu_1 C_{p_1} + \nu_2 C_{p_2}}{\nu_1 C_{V_1} + \nu_2 C_{V_2}} = 1{,}6$.

2.3.6. $mc_V\Delta T = (m_1 c_{V_1} + m_2 c_{V_2} + m_3 c_{V_3})\Delta T$, $c_V = \dfrac{\sum_1^3 m_i c_{V_i}}{m}$, $c_V = \sum_1^3 p_i c_{V_i}$; $c_V = p_{O_2}\dfrac{5}{2}\dfrac{R}{\mu_{O_2}} + p_{N_2}\dfrac{5}{2}\dfrac{R}{\mu_{N_2}} + p_{Ar}\dfrac{3}{2}\dfrac{R}{\mu_{Ar}} = 713{,}5\ \text{J/kg K}$, $c_p = \dfrac{R}{\mu} + c_V = 1\,001\ \text{J/kg K}$; $\gamma = \dfrac{c_p}{c_V} = 1{,}4$.

2.3.7. $C = mc = \nu\mu c = 75{,}24$ J/K.

2.3.8. $C_1 = mc = 3\,800$ J/K; $C = \nu\mu c = 24{,}32$ kJ/K.

2.3.9. *a)* $mc = m_1c_1 + m_2c_2 + ...;\ c = \frac{m_1}{m} \cdot C_1 + \frac{m_2}{m} C_2 + ... = \sum_i p_i c_i = 388$ J/kgK; *b)* $c = 416$ J/kg · K.

2.3.10. *a)* $L = \frac{mRT_1}{\mu}\left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right) \simeq 22{,}7$ kJ; *b)* $Q_p = \frac{m}{\mu} C_p T_1 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right) = 79{,}3$ KJ; *c)* $\Delta T = \frac{T_1}{V_1} \Delta V = 27{,}3$ K; *d)* $\Delta U = Q_p - L = 56{,}6$ kJ.

2.3.11. $\Delta V = \frac{R\Delta U}{p_1 C_V} = \frac{2}{5} \frac{\Delta U}{p_1} = 2 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$.

2.3.12. *a)* $m = \frac{Q_p\mu}{c_p \Delta T} = 82{,}6$ g; *b)* $L = \frac{2}{7} Q \simeq 2\,374$ J; *c)* $\Delta U = Q_p\left(1 - \frac{R}{c_p}\right) = \frac{5}{7} = Q \simeq 593{,}6$ J.

2.3.13. *a)* $L = \frac{m}{\mu} RT_1 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right) = 4{,}98$ kJ; *b)* $Q_p = \frac{m}{\mu} = C_p T_1 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1\right) = 17{,}43$ kJ; *c)* $\Delta U = Q_p - L = 12{,}45$ kJ.

2.3.14. *a)* $V_1 = \frac{mRT_2}{\mu(p_0 + m_1 g/S)} - \frac{S\Delta Ep}{m_1 g} \simeq 2 \cdot 10^{-2}\text{m}^3$; *b)* $T_1 = \frac{(p_0 + m_1 g/S) v_1 \mu}{mR} = 265$ K; *c)* $L = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1) \simeq 1\,121$ J; *d)* $Q_p = \frac{m}{\mu} C_p (T_2 - T_1) \simeq 3\,922$ J; *e)* $\Delta U = Q_p - L = 2\,801$ J.

2.3.15. *a)* $c_p = \frac{Q_V}{m\Delta T} = 920$ J/kg K; *b)* $L = \frac{m}{\mu} R\Delta T = 4{,}15$ kJ; *c)* $\Delta U = Q_p - L = 10{,}57$ kJ.

2.3.16. *a)* $c_V = \frac{Q_V}{m\Delta T} = 661$ J/kgK; *b)* $\Delta U = Q_V = 10{,}57$ kJ.

2.3.17. *a)* $Q_p - Q_V = \frac{m}{\mu} R\Delta T$; *b)* $\frac{Q_p}{m\Delta T} - \frac{Q_V}{m\Delta T} = \frac{R}{\mu} \Rightarrow c_p - c_V = \frac{R}{\mu}$.

2.3.18. $Q_V = \nu C_V T_1(n - 1) = 12{,}45 \cdot 10^6$ J.

2.3.19. *a)* $T_2 = T_1 p_2/p_1 = 900$ K; *b)* $Q_V = \frac{C_V V_1}{R}(p_2 - p_1) = \frac{5}{2} V_1 (p_2 - p_1) = 1$ kJ; *c)* $L = 0$; *d)* $\Delta U = Q_V = 1$ kJ.

2.3.20. *a)* $Q = Q_{12} + Q_{23} = \frac{p_1V_1}{T_1}\left[\frac{C_V}{R}(T_3 - T_1) + T_3 - T_2\right] \simeq 517$ J; *b)* $L = L_{12} + L_{23} = p_2(V_3 - V_2) = \frac{p_1V_1}{T_1}(T_3 - T_2) = 100$ J; *c)* $\Delta U = \nu C_V(T_3 - T_1) = \frac{p_1V_1}{T_1}\frac{5}{2}(T_3 - T_1) = 417$ J.

2.3.21. *a)* $L = p_1V_1 \ln\frac{p_1}{p_2} = 32 \cdot 10^5 \cdot 2 \ln 2$ J $\simeq 22{,}2 \cdot 10^5$ J; *b)* $Q = L = 22{,}2 \cdot 10^5$ J; *c)* $= \Delta U = 0$.

2.3.22. *a)* $p_2 = 2p_0 = 2 \cdot 10^5\text{N/m}^2$, $V_2 = V_1/2 = \frac{mRT_0}{2\mu p_0} \simeq 1{,}15\ \text{m}^3$; *b)* $L = \nu RT_0 \ln\frac{V_2}{V_1} = -\frac{m}{\mu} RT_0 \ln 2 = -157$ kJ, $Q = L = -157$ kJ (asupra gazului se efectuează lucru mecanic, iar acesta cedează căldură în exterior); *c)* $\Delta U = 0$.

2.3.23. *a)* $\mu = \frac{mRT_1 \ln(p_1/p_2)}{L} = 3{,}98 \simeq 4$ kg/kmol (H_2); *b)* $V_1 = \frac{L}{p_1 \ln(p_1/p_2)} = 2\ \text{m}^3$; *c)* $Q = L = -0{,}693 \cdot 10^6$ J (se degajă); *d)* $\Delta U = 0$.

2.3.24. *a)* $T_2 = T_1 - \frac{L}{\nu C_V} = T_1 - \frac{L}{\frac{m}{\mu}\frac{5}{2}R} = 354$ K; *b)* $\Delta U = -L = -8{,}3$ kJ; *c)* $Q = 0$.

2.3.25. *a)* $p_1 = p_2(V_2/V_1)^\gamma = 5{,}36 \cdot 10^5\text{N/m}^2$ $\left(\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{7}{5} = 1{,}4\right)$; *b)* $L = \frac{1}{\gamma - 1}(p_1V_1 - p_2V_2) = 17$ kJ; *c)* $\Delta U = -L = -17$ kJ (gazul efectuează lucru mecanic, energia internă scade); *d)* $Q = 0$.

2.3.26. *a)* $\gamma = \frac{\lg(p_1/p_2)}{\lg(p_1/p_2) - \lg(T_1/T_2)} = \frac{\lg\frac{mRT_1}{\mu V_1 p_2}}{\lg\frac{mRT_1}{\mu V_1 p_2} - \lg(T_1/T_2)} = 1{,}4$; *b)* $L = \frac{m}{\mu}\frac{R}{\gamma - 1}(T_1 - T_2) = -326$ kJ; *c)* $\Delta U = -L = 326$ kJ; *d)* $Q = 0$.

2.3.27. $\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu}\frac{R}{\gamma - 1}(T_2 - T_1)$; $T_3 = T_2 = T_1 + \frac{\Delta U(\gamma - 1)\mu}{mR} = 342$K; $V_3 = 1.47\, V_2 = 0{,}3\ \text{m}^3$; $p_3 = 1{,}64 \cdot 10^5$ N m^2.

2.3.28. *a)* 1) $\Delta U = C_V/R(p_2V_2 - p_1V_1) = 250$ J; 2) $L = L_V - L_p = p_2(V_2 - V_1) = -900$ J; 3) $Q = \frac{5}{2} p_1V_1(p_2/p_1 - 1) + \frac{7}{2} p_2(V_2 - V_1) =$

$= -6{,}5\cdot10^2$ J; *b*) 1) $\Delta U = \frac{C_V}{R}(p_2V_2 - p_1V_1) \cong 250$ J, variația energiei interne este independentă de modul în care gazul trece din starea 1 în starea 2. 2) $L = L_p + L_V = -300$ J; 3) $Q = \frac{7}{2}p_1V_1(V_2/V_1 - 1) + \frac{5}{2}V_2(p_2 - p_1) = -0{,}5\cdot10^2$ J. În cele două procese asupra sistemului se efectuează lucru mecanic, iar sistemul cedează în exterior căldură.

2.3.29. $L_Q = \nu C_V T_1\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$, $L_T = \nu R T_1 \ln\frac{V_2}{V_1}$; $\frac{L_Q}{L_T} = 1{,}4$.

2.3.30. *a*) 1) $\Delta U = \frac{C_V}{R}(p_2V_2 - p_1V_1) = 2{,}5\cdot10^2$ J; 2) $L = L_Q + L_V = \nu C_V(T_1 - T_2) = \frac{C_V}{R}p_1V_1[1 - (V_1/V_2)^{\gamma-1}] = -550$ J; 3) $Q = \Delta U + L = -300$ J; *b*): 1) $\Delta U = 2{,}5\cdot10^2$ J; 2) $L = L_V + L_Q = \nu C_V(T_b - T_2) = \nu C_V T_2[(V_2/V_1)^{\gamma-1} - 1] = -450$ J; 3) $Q = \Delta U + L = -200$ J.

2.3.31. *a*) $L_{12} = 0$, $\Delta U_{12} = \frac{C_V}{R}p_1V_1 = 37{,}5$ kJ, $Q_{12} = \Delta U_{12} + L_{12} = 37{,}5$ J; *b*) $L_{23} = p_2V_2\ln p_2/p_3 = p_2V_2\ln p_2/p_3 = 20{,}8$ kJ, $Q_{23} = L_{23} = 20{,}8$ kJ, $\Delta U_{23} = 0$; *c*) $L_{31} = p_1(V_1 - V_3) = p_1V_1(1 - p_2/p_1) = -15$ kJ, $Q_{31} = \nu C_p(T_1 - T_3) = \frac{C_p}{R}V_1(p_1 - p_2) = -\frac{C_p}{R}p_1V_1 = -52{,}5$ kJ.
$\Delta U_{31} = Q_{31} - L_{31} = -37{,}5$ kJ.

2.3.32. $T = \frac{m_1T_1 + m_2T_2}{m_1 + m_2} = 307$ K (34°C).

2.3.33. $m_1 = m\frac{T_2 - T}{T_2 - T_1} = 225$ kg, $m_2 = m - m_1 = 75$ kg.

2.3.34. $T = \frac{(m_1c_1 + m_2c_2)T_1 + m_3c_3T_3}{m_1c_1 + m_2c_2 + m_3c_3} \cong 358$ K.

2.3.35. $c = \frac{(m_1c_1 + m_2c_2)(T - T_1)}{m_3(T_3 - T)} = 124$ J/kgK.

2.3.36. $c_x = \frac{m_1c_1(T - T_2)}{m_3(T_3 - T) - m_3(T - T_2)} = 2\,525$ J/kgK.

2.3.37. $\eta = \frac{L}{Q_1} = \frac{L}{L + Q_2} = 17{,}8\%$.

2.3.38. $k = \frac{Q_1}{Q_2} = n$. $Q_2 = Q_1/3$.

2.3.39. $T_1/T_2 = \frac{Q_1}{Q_1 - L} = 3/2$.

2.3.40. *a*) $\eta = 1 - T_2/T_1 = 0{,}25$ (25%); *b*) $Q_1 = L/\eta = 320$ kJ; *c*) $Q_2 = Q_1 - L = 240$ kJ.

2.3.41. *a*) $P_c = \frac{m}{\mu}\frac{RT_1}{t}\ln\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 3\,254$ kW; *b*) $P_u = P_c(1 - T_2/T_1) = 2\,441$ kW.

2.3.42. $L = p_1(V_2 - V_1) = 25\cdot10^5$ N/m², $L_c = \eta_c Q_1 = \left(1 - \frac{T_{min}}{T_{max}}\right)Q_1$, $T_{min} = T_1 = \frac{p_1V_1}{\nu R} = 301$ K, $T_{max} = T_3 = 2T_1V_2/V_1 = 1\,204$ K, $Q_1 = \nu C_V(T_2 - T_1) + \nu C_p(T_3 - T_2) = 162\cdot10^5$ J; $L_c \cong 122\cdot10^5$ J; $L/L_c = 0{,}2$.

2.3.43. $\eta = 1 - \frac{Q_{34} + Q_{41}}{Q_{41} + Q_{12}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + \frac{C_V(T_1 - T_2)}{R\ln(p_1/p_2)}}$, $\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$; $\eta < \eta_c$.

2.3.44. $\eta = 1 - \frac{Q_{23} + Q_{34}}{Q_{41} - Q_{12}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + \frac{C_V(T_1 - T_2)}{R\ln\frac{V_2}{V_1}}}$; $\eta_c = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$; $\eta < \eta_c$

2.3.45. $\eta = 1 - \frac{1}{n^{\gamma-1}} = 0{,}56$ (56%).

2.3.46. *a*) în starea 1: $V_1 = \frac{mRT_1}{\mu p_1} \simeq 1{,}1$ m³, $p_1 = 1\cdot10^5$ N/m², $T_1 = 373$ K; în starea 2: $V_2 = V_1/n \simeq 0{,}183$ m³, $T_2 = T_1(V_1/V_2)^{\gamma-1} = T_1n^{\gamma-1} = 766$ K; $p_2 = p_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = p_1n^{\gamma} = 12{,}3\cdot10^5$ N/m²; în starea 3: $V_3 = V_2 = 0{,}183$ m³, $p_3 = kp_2 = 19{,}7\cdot10^5$ N/m², $T_3 = \frac{\mu p_3V_3}{mR} \cong 1\,216$ K; în starea 4: $V_4 = V_1 = 1{,}1$ m³, $T_4 = T_3(V_3/V_1)^{\gamma-1} = \frac{T_3}{n^{\gamma-1}} = 592$ K, $p_4 = p_3(V_3/V_1)^{\gamma} = \frac{p_3}{n^{\gamma}} = 1{,}6\cdot10^5$ N/m²; *b*) $\eta = 1 - \frac{1}{n^{\gamma-1}} = 0{,}51$ (51%).

2.3.47. *a*) în starea 1: $p_1 = 10^5$ N/m², $V_1 = 1$ m³, $T_1 = 310$ K; în starea 2: $V_2 = V_1/n = 0{,}083$ m³, $p_2 = p_1n^{\gamma} = 32{,}5\cdot10^5$ N/m², $T_2 = T_1(V_1/V_2)^{\gamma-1} = T_1n^{\gamma-1} = 834$ K; în starea 3: $V_3 = kV_2 = 0{,}166$ m³, $p_3 = p_2 = 32{,}5\cdot10^5$ N/m², $T_3 = \frac{V_3}{V_2}T_2 = kT_2 = 1\,668$ K; în starea 4: $V_4 = V_1 = 1$ m³, $p_4 = p_3(V_3/V_1)^{\gamma} = p_3\left(\frac{k}{n}\right)^{\gamma} = 2{,}64\cdot10^5$ N/m², $T_4 = T_3\left(\frac{k}{n}\right)^{\gamma-1} = 812$ K; *b*) $\eta = 1 - \frac{k^{\gamma} - 1}{\gamma n^{\gamma-1}(k - 1)} = 0{,}566$ (56,6%).

2.3.48. $\eta = 1 - \frac{Q_{31}}{Q_{12}} = 1 - \gamma\frac{\delta^{\frac{1}{\gamma}} - 1}{\delta - 1}$.

2.4.1. $\varepsilon = \frac{3p}{2n} = \frac{3p\mu}{2\rho N_A} = 8{,}3 \cdot 10^{-21}$ J.

2.4.2. $n = \frac{3pN_A}{\mu v_T^2} = 1{,}57 \cdot 10^{25}$ m^{-3}, $\rho = \frac{3p}{v_T^2} = 0{,}83$ kg/m^3.

2.4.3. $n = \frac{3p}{m v_T^2} = \frac{3pN_A}{\mu v_T^2} = 1{,}57 \cdot 10^{25}$ m^{-3}, $\rho = \frac{3p}{v_T^2} = 0{,}83$ kg/m^3.

2.4.4. a) $p = \frac{1}{3}\rho v_T^2 = 15 \cdot 10^5$ N/m^2; b) $\bar{\varepsilon} = (3/2)kT = \frac{3}{2}k\frac{p\mu}{R\rho} = 5{,}4 \cdot 10^{-21}$ J; c) $E = N\bar{\varepsilon} = \frac{m}{\mu}N_A\bar{\varepsilon} = 9{,}1 \cdot 10^5$ J.

2.4.5. a) $\bar{\varepsilon} = \frac{3p}{2n} = 5 \cdot 10^{-21}$ J, b) $E = Vn\bar{\varepsilon} = 300$ J, c) $v_T = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3pN_A}{\mu n}} = 464$ m/s, d) $\rho = \frac{n\mu}{N_A} = 2{,}8$ kg/m^3.

2.4.6. a) $\frac{v_T(H_2)}{v_T(O_2)} = \sqrt{\frac{\mu_{O_2}}{\mu_{H_2}}} = 4$; b) $\frac{\bar{\varepsilon}_{H_2}}{\bar{\varepsilon}_{O_2}} = 1$.

2.4.7. $p = \frac{N}{V}kT = 10{,}35 \cdot 10^5$ N/m^2.

2.4.8. $T = \frac{pV}{Nk} = 100$ K; nu se modifică.

2.4.9. $n = \frac{p}{kT} = 3{,}33 \cdot 10^{10}$ m^{-3}.

2.4.10. a) $N = nV = \frac{pV}{kT} = 6{,}66 \cdot 10^{18}$ molecule; b) $m = \frac{N\mu}{N_A} = 3{,}1 \cdot 10^{-12}$ kg; c) $E = \frac{3}{2}pV = 4{,}14 \cdot 10^{-7}$ J.

2.4.11. a) $p = (N_1 + N_2 + N_3)\frac{kT}{V} \cong 11 \cdot 10^{-2}$ N/m^2; b) $\mu = \frac{N_1\mu_1 + N_2\mu_2 + N_3\mu_3}{N_1 + N_2 + N_3} = 34{,}3$ kg/kmol; c) $E = \frac{3}{2}kT(N_1 + N_2 + N_3) = 8{,}2 \cdot 10^{-5}$ J.

2.4.12. a) $\frac{\bar{\varepsilon}_2}{\bar{\varepsilon}_1} = \frac{p_2V_2}{p_1V_1} = 4$; b) $V_{T_2}^2/V_{T_1}^2 = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}} = \sqrt{\frac{p_2V_2}{p_1V_1}} = 2$; c) $V_{T_2} = 2\sqrt{\frac{3p_1V_1}{m}} = 282$ m/s.

2.4.13. a) $N = \frac{2\bar{E}}{3kT} = 10^{21}$ molec.; b) $m = \frac{2}{3}\frac{\mu E}{RT} = 4{,}7 \cdot 10^{-6}$ kg; c) $V = \frac{2}{3}\frac{\bar{E}}{p} = 4{,}2 \cdot 10^5$ m^3.

2.4.14. a) $p = \frac{N_1 + N_2}{V}kT \simeq 248\ \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$; b) $\bar{E} = (N_1 + N_2)\frac{3}{2}kT \simeq 93{,}2$ J.

2.4.15. $p_2 = \frac{NkT_1}{nV_1} \cong 224$ N/m^2.

2.5.1. $l = l_0(1 + \alpha\Delta T) = 10{,}02$ m

2.5.2. a) $l_{313} - l_{283} = l_{283}\frac{\alpha(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{1 + \alpha\Delta T_1} = 0{,}0306$ m; b) $l_{283} - l_{242} = l_{283}\frac{\alpha(\Delta T_1 + \Delta T_3)}{1 + \alpha\Delta T_1} = 0{,}042$ m; $\Delta T_1 = T_1 - T_0$, $\Delta T_2 = T_2 - T_0$, $\Delta T_3 = T_0 - T_3$.

2.5.3. $T = T_0 + \frac{\Delta l}{l_0\alpha} = 1\,257{,}8$ K.

2.5.4. $l = l_0(1 + \alpha\Delta T) = 1\,122{,}66$ mm.

2.5.5. $l_{01} = \frac{l_1 - L_0(1 + \alpha_2\Delta T)}{\Delta T(\alpha_1 - \alpha_2)}$; $l_{02} = L_0 - l_{01} = \frac{L_0(1 + \alpha_1\Delta T) - L_1}{(\alpha_1 - \alpha_2)\Delta T}$; $\Delta T = T_1 - T_0$.

2.5.6. $l_{01} = \Delta l\frac{\alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} = 95{,}2$ cm (bara de Al); $l_{02} = \Delta l\frac{\alpha_1}{\alpha_1 - \alpha_2} = 123{,}5$ cm.

2.5.7. $H_0 = \frac{H_1(1 + \alpha_1\Delta T)}{1 + \alpha_2\Delta T}$ ($\Delta T = T_1 - T_0$).

2.5.8. $T = T_0 + \frac{d - d_0}{\alpha d_0} \simeq 391$ K.

2.5.9. $F = SE\alpha\Delta T = 242$ N.

2.5.10. $F = SE\alpha\Delta T = 1\,355{,}2$ kN.

2.5.11. $p = E\alpha T = 7{,}26 \cdot 10^7$ N $\cdot$ m^{-2}.

2.5.12. $\Delta T = \frac{\Delta S}{2S_0\alpha} = 136{,}36$ K.

2.5.13. $\Delta V = 3V_0\alpha\Delta T = 21{,}3$ cm^3.

2.5.14. $\Delta V = \frac{3\alpha\Delta T_1 V}{1 + 3\alpha\Delta T} = 3{,}8$ cm^3; $\Delta T = T - T_0$, $\Delta T_1 = T_1 - T_0$.

2.5.15. $\rho = 1{,}9 \cdot 10^4 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

2.5.16. $m = \dfrac{\rho_0 V}{1 + 3\alpha \Delta T} = 3{,}35$ kg.

2.5.17. $\rho_1 = \dfrac{\rho_{1c}(1 + 3\alpha \Delta T_c)}{1 + 3\alpha \Delta T_1} = 7835 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $\rho_2 = \dfrac{\rho_{1c}(1 + 3\alpha \Delta T_c)}{1 + 3\alpha \Delta T_2} =$ $= 7\,887 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, notînd cu ρ_{1c}, T_c densitatea oțelului la temperatura camerei și temperatura camerei, $\Delta T_c = 20$ K, $\Delta T_1 = T_1 - T_c$, $\Delta T_2 = T_2 - T_c$.

2.5.18. $\gamma = \dfrac{\Delta V}{V_0 \Delta T} = 1{,}4 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

2.5.19. *a*) $h_2 = h_1 \dfrac{1 + \gamma \Delta T_2}{1 + \gamma \Delta T_1} = 6{,}18$ m $(\Delta T_1 = T_1 - T_0;\ \Delta T_2 = T_2 - T_0)$; *b*) $T_3 = 303$ K.

2.5.20. $\gamma_a = \gamma_{ulei} - \gamma_{vas} = \dfrac{\Delta V}{V_0 \Delta T} = 5{,}31 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

2.5.21. $\gamma = \dfrac{h_2 - h_1}{h_1 \Delta T_2 - h_2 \Delta T_1}$; $(\Delta T_1 = T_1 - T_0;\ \Delta T_2 = T_2 - T_0)$.

2.5.22. $V_0 = \dfrac{v_0(1 + \gamma_s \Delta T)}{(\gamma\text{Hg} - \gamma_s)\Delta T} = 191 \text{ mm}^3$.

2.5.23. $\Delta h = \dfrac{4\left(\gamma_{apă} \dfrac{V_0}{2} + \gamma_{eb} V_1\right)(T_2 - T_1)}{\pi d_0^2} = 0{,}37$ cm.

2.5.24. $\gamma_{apă} = \dfrac{(\gamma_{cuarț} V_1 \rho_{alamă} - \gamma_{alamă} \cdot m)}{V_1 \rho_{alamă} - m} = -3{,}79 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.
Încălzirea sistemului se face în intervalul de temperatură 0°C și 4°C.

Capitolul 6. FENOMENE SUPERFICIALE

2.6.1. *a*) $F_1 = 6\sigma l = 1{,}75 \cdot 10^{-2}$N; *b*) $F_2 = mg + F_1 = 3{,}7 \cdot 10^{-2}$N.

2.6.2. $\Delta h = \dfrac{\rho_{lută}}{\rho_{apă}} l - \dfrac{4\sigma}{\rho_{apă} g l} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$m.

2.6.3. $E_p = \sigma \dfrac{S}{2} = 9{,}6 \cdot 10^{-5}$ J.

2.6.4. $E_p = \sigma \pi d^2 = 3{,}8 \cdot 10^{-4}$ J.

2.6.5. $\sigma = \dfrac{mg}{n\pi d} = 0{,}022 \dfrac{\text{N}}{\text{m}}$.

2.6.6. $t = \dfrac{V g \rho \tau}{\pi \sigma d} = 22$ minute.

2.6.7. $\sigma = \dfrac{F - mg}{2\pi d} = 0{,}072 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

2.6.8. $\sigma = \dfrac{F - mg}{8l} = 0{,}021 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$.

2.6.9. $\sigma = \dfrac{h \rho g r}{2} = 0{,}022 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$

2.6.10. $d_1 = \dfrac{4\sigma}{h_1 \rho g} \approx 1{,}2$ mm; $d_2 \approx 0{,}6$ mm; $d_3 \approx 0{,}36$ mm.

2.6.11. *a*) $h = \dfrac{2\sigma}{r \rho g} = 0{,}06$ m; *b*) $h' = 0{,}07$ m; *c*) $L = 2\pi R \sigma h \simeq 0{,}9 \cdot 10^{-6}$J.
$E_p = \dfrac{\pi R^2}{2} \rho g h^2 = 0{,}4 \cdot 10^{-6}$ J.

2.6.12. *a*) $\Delta h = \dfrac{2\sigma}{\rho g}\left(\dfrac{1}{R_2} - \dfrac{1}{R_1}\right) \approx 12$ cm; *b*) 4,9 cm; *c*) 5,6 cm.

Capitolul 7. TRANSFORMĂRI DE FAZĂ

2.7.1. $Q = m\lambda = 1{,}15 \cdot 10^7$ J.

2.7.2. $m = \dfrac{m_1 c_{apă}(T_2 - T_1) + m_2 \lambda_{apă}}{c_{cupru}(T_1 - T_2)} = 3{,}25$ kg.

2.7.3. $m = \dfrac{Q - m_1 c_{apă}(T_2 - T_1)}{\lambda_{vaporizare}} = 0{,}1$ kg.

2.7.4. $Q = \dfrac{Q'}{\eta}$; $Q = \dfrac{m_1 c_1 (T_f - T_1) + m_2 \lambda_{vaporizare}}{\eta} = 41{,}37 \cdot 10^7$ J.

2.7.5. *a*) $Q = mc\Delta T + m\lambda = 146{,}5 \cdot 10^6$ J; *b*) $M = \dfrac{Q}{\eta q} = 18{,}7$ kg.

2.7.6. $\lambda = \dfrac{(m_1 c_{Cu} + m_2 c_a)(T - T_1) - m_3 c_a (T_2 - T)}{m_3} = 2{,}25 \cdot 10^6$ J/kg.

2.7.7. $Q = m[(T_0 - T)c_g + \lambda_g + c_a(T_v - T_0) + \lambda_a] \approx 7{,}6 \cdot 10^5$J.

2.7.8. $\lambda_g = \dfrac{(m_1 c_{Al} + m_2 c_a)(T_1 - T) - m_3 c_a (T - T_0)}{m_3} \approx 3{,}5 \cdot 10^5$ J/kg.

2.7.9. $m_2 = \dfrac{m_1 c_{Fe}(T_2 - T_1)}{c_g(T_0 - T_1) + \lambda_g} = 0{,}026$ kg.

2.7.10. $P = \dfrac{m_1}{t}(c_{apă}\Delta T_1 + c_g \Delta T_2 + \lambda_g) = 45{,}44$ W; $\Delta T_1 = T_1 - T_0$, $\Delta T_2 = T_0 - T_2$.

2.7.11. $T = \dfrac{m_2\lambda_t + m_2c_2T_2 + m_1c_1T_1}{m_1c_1 + m_2c_2} = 299{,}96$ K.

2.7.12. $m = \dfrac{m_1[\lambda_{Pb} + c_{Pb}(T_1 - T_0)}{\lambda_g} = 0{,}049$ kg.

2.7.13. Temperatura finală în calorimetru $T = 273$ K; masa apei $= 0{,}425$ kg, masa gheţii $= 0{,}325$ kg.

2.7.14. $Q_1 = m_1c_a(T_1 - T_0) = 42$ kJ; $Q_2 = m_2c_g(T_0 - T_2) = 420$ kJ; $Q_3 = m_1\lambda_g = 680$ kJ; $Q_3 + Q_1 > Q_2$; deci îngheaţă o parte din cantitatea de apă. $T = T_0 = 273$ K.

Masa de apă care îngheaţă: $m_3 = \dfrac{Q_2 - Q_1}{\lambda_g} = 1{,}106$ kg.

Masa apei din calorimetru va fi $m_1 - m_3$, iar a gheţii $m_2 + m_3$; volumele vor fi respectiv $V_1 = \dfrac{m_1 - m_3}{\rho_1}$; $V_2 = \dfrac{m_2 + m_3}{\rho_2}$; $V_1 + V_2 = 7{,}69 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$.

2.7.15. $m_ac_a(T_1 - T) = m_g[\lambda_g + c_g(T_0 - T_2) + c_a(T - T_0)]$;

$$m_g = \frac{\rho V c_a(T_1 - T)}{\lambda_g + c_g(T_0 - T_2) + c_a(T - T_0)};\quad m_a + m_g = \rho_a V;\quad m_g \approx 30 \text{ kg}.$$

2.7.16. $m_2 = \dfrac{m_1c_1(T_1 - T_0) + m_1\lambda_t + m_1c_2(T_0 - \theta)}{c_2(\theta - T_2)} = 40$ kg.

2.7.17. $G_2 = \dfrac{G_1}{\lambda_v}[\lambda_t + \lambda_v + c_g(T_0 - T_1) + c_a(T_2 - T_0)] - \dfrac{Q \cdot g}{\lambda_v} = 42$ N, T_2 fiind temperatura de fierbere a apei.

2.7.18. $h = \dfrac{(\lambda_{azot} + c_{azot}\Delta T_2)m - \rho_{apă} V c_{apă} \Delta T_1}{L \cdot b \cdot \lambda_g \cdot \rho_g} = 1{,}09 \cdot 10^{-4}$ m.

2.7.19. $Q_1 = m_3\lambda_v$; $Q_2 = m_3c(T - T_0)$; $Q_3 = m_2\lambda_g$.
$Q_1 + Q_2 \approx Q_3$ deci $\theta = T_0$.

2.7.20. a) $m_g\lambda_g = m_v\lambda_v$, unde m_g = masa gheţii, m_v masa vaporilor, $\dfrac{m_g}{m} = \dfrac{\lambda_v}{\lambda_g + \lambda_v} = 86\%$; b) $m = m_g \dfrac{\lambda_g + \lambda_v}{\lambda_v} = 20{,}6$ g.

2.7.21. $v = [c_g(T_0 - T_1) + c_a(T - T_0) + \lambda_g + \lambda_v]^{\frac{1}{2}} = 2\,456 \text{ ms}^{-1}$.

2.7.22. $v = [4c(T_t - T) + 4\lambda - 2gh]^{\frac{1}{2}} = 387{,}39 \text{ ms}^{-1}$.

2.7.23. a) $\dfrac{m_x}{m} = \dfrac{1}{4\lambda}(v_1^2 - v_2^2) - \dfrac{c}{\lambda}(T_2 - T_1) = 12\%$; b) $\dfrac{M_x}{M} = 52\%$.

2.7.24. $m_x = \dfrac{mv^2}{4[c(T_1 - T) + \lambda_v]} = 3{,}8$ kg.

2.7.25. $m_x = \dfrac{mgl(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}{\lambda} = 27 \cdot 10^{-2}$ g (presupunem că lucrul mecanic al forţelor de frecare se disipă).

2.8.1. $q = 0{,}5 \cdot 10^{-6}$C.

2.8.2. $F_{AB} = F_{BA}$ în acord cu legea acţiunii şi reacţiunii.

2.8.3. $d(2 - \sqrt{2}) = 0{,}12$ m.

2.8.4. $q/m = 8{,}6 \cdot 10^{-11}$ C/kg.

2.8.5. $q_3 = \dfrac{r_{13}}{r_{12}} r_{23}(4\pi\varepsilon_0 F_{13}F_{23}/F_{12})^{1/2}$.

2.8.6. a) $F = q^2/4\pi\varepsilon_0 r^2$, $G = mg$, $r = 2l\sin(\alpha/2)$. La echilibru $F = G\text{tg}(\alpha/2)$ (fig. 2.8.6, R). Rezultă $q = 2l\sin(\alpha/2)\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mg\,\text{tg}(\alpha/2)} \simeq 9{,}34 \cdot 10^{-8}$C.

b) Condiţia de echilibru a sferelor devine $F' = (G - F_A)\text{tg}(\beta/2)$, unde $F' = q^2/4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r[2l\sin(\beta/2)]^2$ şi $F_A = \rho_0 Vg = \dfrac{\rho_0}{\rho} mg$ este forţa arhimedică (în sens contrar greutăţii $G = mg$). Se obţine:

$$\sin^2(\beta/2)\,\text{tg}(\beta/2) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \cdot \frac{q^2}{4l^2\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)mg}, \qquad (1)$$

relaţie care pentru cazul sistemului situat în aer devine

$$\sin^2(\alpha/2)\text{tg}(\alpha/2) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q^2}{4l^2 mg}. \qquad (2)$$

Din relaţiile (1) şi (2) se obţine

$$\sin^2(\beta/2)\,\text{tg}(\beta/2) = \frac{1}{\varepsilon_r\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)}\sin^2(\alpha/2)\text{tg}(\alpha/2) = 0{,}3 \qquad (3)$$

sau

$$\frac{\text{tg}^3(\beta/2)}{1 + \text{tg}^2(\beta/2)} = 0{,}3,$$

ecuaţie cu o singură soluţie reală $\text{tg}(\beta/2) \simeq 0{,}8$. Adică $\beta \simeq 77°19'$.

c) Din relaţia (3) pentru $\alpha = \beta$ se obţine:

$$\varepsilon_r\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) = 1;\ \rho = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_r - 1}\rho_0 = 1{,}125 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3.$$

d) Din relaţia (3) se obţine: $\varepsilon_r = $

$$= \frac{\sin^2(\alpha/2)\,\text{tg}(\alpha/2)}{\sin^2(\alpha/2)\,\text{tg}(\alpha/2)} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\rho}{\rho_0}} = 4{,}6.$$

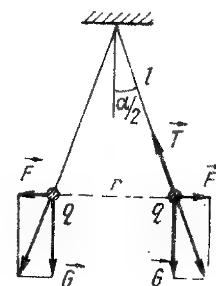


Fig. 2.8.6, R

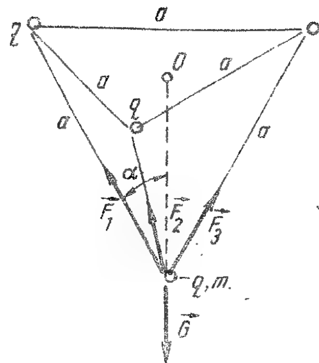


Fig. 2.8.7, R

e) $\operatorname{tg}\alpha = \frac{F}{G} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0(2l\sin\alpha)^2 mg}$.

După descreşterea sarcinii electrice:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{F'}{G} = \frac{(xq)^2}{4\pi\varepsilon_0(2l\sin\beta)^2 mg},$$

$$x = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha}} = 0{,}54.$$

Descreşterea sarcinii reprezintă 46% din sarcina iniţială, q.

2.8.7. Din condiţia de echilibru (fig. 2.8.7, R) $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{G} = 0$, se obţine, proiectînd pe axa lui G: $mg = 3\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 a^2}\cos\alpha$; $m \simeq 25 \cdot 10^{-3}$ kg.

2.8.8. $x = \frac{d}{1 + \sqrt{n}} = 0{,}5$ m.

2.8.9. $E_1 = 1{,}5 \cdot 10^5$ V/m; $E_2 = 5{,}55$ V/m; $V = 3{,}1 \cdot 10^4$ V.

2.8.10. $E_A = 3 \cdot 10^5$ V/m; $L_{AB} = 4{,}2$ mJ.

2.8.11. *a)* $V_A = 17{,}64 \cdot 10^5$V; $V_B = 12{,}6 \cdot 10^5$ V. *b)* $L_{AB} = 0{,}5$ J. *c)* $F_m = 1{,}25$ N.

2.8.12. $L_{12} = \sqrt{F_1F_2}\, l = 0{,}4$ mJ.

2.8.13. *a)* $V_A = 2V - V' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\cdot\frac{g}{l}\left(2 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) = 29$ V;

$$E_A = 2E\cos\pi/4 - E' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}\cdot\frac{q}{l^2}(\sqrt{2} - 1/2) = 101{,}25 \text{ V/m}.$$

b) $L = q_0(V'_A - V_0) = -5{,}64$ µJ. Valoarea negativă a lucrului mecanic arată că deplasarea corpului punctiform se face sub acţiune exterioară, împotriva forţelor cîmpului electric (V'_A reprezintă potenţialul în A pentru $\varepsilon_r = 1$).

2.8.14. $U = \frac{L}{q} = \frac{F}{q}d\cos\alpha = Ed\cos\alpha$; de unde $\alpha = \arccos\frac{U}{Ed} = 60°$.

2.8.15. *a)* $A_t \simeq 176$ cm^2; $\alpha \simeq 53°$; *b)* $L = 2{,}25$ mJ.

2.8.16. $R = 90$ m.

2.8.17. O sferă conductoare electrizată produce în exterior un cîmp electric ca şi un corp punctiform avînd aceeaşi sarcină electrică situat în centrul sferei. Deci pentru $r > R$, $E(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r^2}$, $V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{r}$. Din condiţiile $E_D = E_{max} = E(R)$ şi $V_{sferă} = V(R)$, rezultă $V_{sferă} = RE_D = 300$ kV.

2.8.18. $d = 0{,}1$ m.

2.8.19. $VR = ER^2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon} = const.$ Potenţialul primei suprafeţe echipotenţiale este $V_1 = E_1R_1 = 60$ V; $const. = E_1R_1^2 = 0{,}6$. Potenţialul suprafeţei următoare trebuie să fie $V_2 = 40$ V. De unde $R_2 = \frac{const.}{V_2} = \frac{const.}{V_1 - 1\cdot\Delta V}$, $R_3 = \frac{const.}{V_1 - 2\cdot\Delta V}$.

În general $R_i = \frac{const.}{V_i} = \frac{0{,}6}{V_1 - (i-1)\Delta V}$. Pentru $i = 4$, $R_4 = \infty$. Deci mai pot fi construite încă două suprafeţe echipotenţiale cu razele $R_2 = 1{,}5$ cm şi $R_3 = 3$ cm.

2.8.20. Înainte de unire: $V = \frac{q}{4\pi\varepsilon r}$.

După unire volumul picăturii mari este $\frac{4\pi R^3}{3} = N\frac{4\pi r^3}{3}$, unde $N = 1\,000$.

Se obţine $R = rN^{1/3}$. Potenţialul picăturii mari va fi $V' = \frac{Nq}{4\pi\varepsilon r N^{1/3}}$.

Rezultă $\frac{V'}{V} = N^{2/3} = 100$.

2.8.21. Sferele fiind la distanţă mare una de alta, se poate neglija influenţa electrizării uneia asupra celeilalte, precum şi influenţa firului de legătură electrizat, deoarece acesta fiind foarte subţire sarcina lui electrică are valoare foarte mică.

Înainte de legarea sferelor, $V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{R_1}$; $V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{R_2}$.

Rezultă: $q_1 + q_2 = 4\pi\varepsilon_0R_1V_1 + 4\pi\varepsilon_0R_2V_2$.

După legarea sferelor, sistemul fiind în echilibru electric potenţialul sistemului este acelaşi în orice punct al lui, deci $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'_1}{R_1} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q'_2}{R_2}$.

Potrivit legii conservării sarcinii electrice: $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$, sau $4\pi\varepsilon_0R_1V_1 + 4\pi\varepsilon_0R_2V_2 = 4\pi\varepsilon_0R_1V' + 4\pi\varepsilon_0R_2V'$.

Obţinem: $V' = \frac{R_1V_1 + R_2V_2}{R_1 + R_2} = 1\,285{,}7$ V.

2.8.22. După efectuarea contactului $V'_1 = V'_2 = V$ şi $q'_1 + q'_2 = q_1$, de unde $\frac{q'_1}{q'_2} = \frac{R_1}{R_2}$.

Obţinem: $q'_2 = \frac{q_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{q_1}{\frac{R_1}{R_2} + 1} \approx q_1$, $q'_1 \approx 0$, deoarece $R_2 \gg R_1$.

2.8.23. $q'_1 = 0{,}35$ µC; $q'_2 = 47$ nC.

2.8.24. Cunoscînd potenţialul în interiorul unui corp conductor, gol în interior, în cazul de faţă constant şi egal cu potenţialul conductorului, potenţialul sferei 1 va fi: $V_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_{2i}}{R_2} + \frac{q_{2e}}{R_2} + \frac{q_{3i}}{R_3}\right]$, unde $q_{2i} = -10^{-9}$C

reprezintă sarcina indusă de electrizarea q_1 a sferei 1 pe fața internă a sferei 2, $q_{2e} = (5/3 + 1)10^{-9}$C este sarcina feței exterioare a sferei 2. $q_{3i} = -\frac{8}{3}\,10^{-9}$C este sarcina (indusă) a feței interioare a sferei 3. Rezultă: $V_1 = 1\,050$ V; $V_2 = 600$ V, iar pe sfera 3, datorită legării la pămînt, $V_3 = 0$.

2.8.25. *a*) Se consideră sferele conductoare A și B, cu $R_A < R_B$, izolate între ele. Sfera A are sarcina negativă $-q$. Datorită fenomenului de influență electrostatică, fața interioară a sferei B va avea sarcina $+q$. Dacă se leagă printr-un fir conductor sfera B la pămînt, sarcina inițial negativă a feței exterioare a sferei B se anulează, sfera B fiind acum la potențial zero, $V_B = 0$, ea rămînînd însă încărcată electric pe fața interioară, $q_B \neq 0$.

b) Sfera interioară este, acum, neelectrizată. Se electrizează sfera B, $q_B \neq 0$. Potențialul sferei A este $V_A = q_B/4\pi\varepsilon_0 R_B$ fără ca ea să fie electrizată, $q_A = 0$.

2.8.26. În punctul P, exterior sferei mari, datorită efectului de ecran electric, potențialul este datorat numai electrizării prin influență a feței exterioare a sferei mari, egală și de semn contrar cu electrizarea sferei mici. Așadar, $q = 4\pi\varepsilon_0 r V_P = -5 \cdot 10^{-9}$C. Electrizarea suprafeței exterioare este uniformă datorită simetriei sferice a corpului influențat și nu depinde de poziția corpului inductor (sfera metalică din interior).

2.8.27. La echilibru, din asemănarea triunghiurilor din figura 2.8.27, R $\frac{x}{R} = \frac{F_e}{G}$, unde $F_e = qE$ este forța electrică de respingere a sferei în cîmpul electric creat de inelul avînd sarcina Q. Considerăm inelul împărțit în n părți egale, foarte mici, corpuri punctiforme avînd fiecare sarcina Q/n, care creează cîmpul de intensitate $E_n = Q/4\pi\varepsilon_0 l^2 n$. Într-un punct pe axa inelului vectorul intensitate a cîmpului electric poate fi descompus în două componente E_x, de-a lungul axei și componenta radială E_r, normală pe axă. Cum componentele radiale sînt egale și uniform distribuite se anulează reciproc, „două cîte două" cele de sens opus, intensitatea rezultantă va reprezenta un vector de-a lungul axei avînd modulul $E = E_x = nE_n \cos\alpha = nE_n \frac{x}{l}$ sau $E = Qx/4\pi\varepsilon_0 l^3$.

De unde rezultă: $l = \left(\frac{qQR}{4\pi\varepsilon_0 mg}\right)^{1/3} = 8{,}8 \cdot 10^{-2}$ m

2.8.28. $L_{\infty P} = qV_P = \frac{qV_0 R}{R + d} = 2 \cdot 10^{-7}$ J.

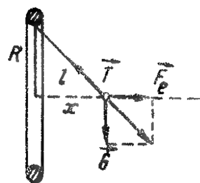


Fig. 2.8.27, R

Acest lucru reprezintă energia potențială a corpului punctiform, în punctul P în cîmpul electric al sferei electrizate avînd potențialul V_0.

2.8.29. $V = 9\,486{,}8$ V.

2.8.30. Energia potențială a sistemului va fi egală cu lucrul mecanic efectuat pentru a aduce corpurile de la infinit în vîrfurile triunghiului echilateral. Deoarece valoarea energiei potențiale a sistemului va fi

aceeași pentru orice proces care ar aduce sistemul în starea considerată, să presupunem următorul proces de formare a sistemului. Corpurile se aduc succesiv în vîrfurile A, B, C ale triunghiului. Plasarea corpului cu sarcina q în A nu necesită lucru mecanic, celelalte corpuri neacționînd asupra sa deoarece sînt la distanță mare. Corpul 2 trebuie deplasat în cîmpul electric al primului, de la infinit în B, lucrul mecanic efectuat fiind $q_2V_1(B)$. Al treilea corp se deplasează în cîmpul primelor două, astfel încît lucrul mecanic cheltuit este $q_3[V_1(C) + V_2(C)]$. Energia potențială a sistemului rezultă:

$$W_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q_1q_2}{r_{AB}} + \frac{q_2q_3}{r_{BC}} + \frac{q_3q_1}{r_{CA}}\right) = \frac{3q^2}{4\pi\varepsilon_0 l} = 0{,}27 \text{ J}.$$

2.8.31. $E_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_2}{d}q_1 = 45$ mJ.

2.8.32. Legea conservării energiei în cazul sistemului fizic numit electron situat în cîmp electrostatic are expresia: $\frac{1}{2}mv_1^2 + eV_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + eV_2$.

Rezultă: $v = v_2 = \sqrt{\frac{2}{m}e(V_1 - V_2)} = 5{,}93 \cdot 10^5$m/s.

2.8.33. Din relația $\frac{mv_0^2}{2} = e(V_{min} - V_0)$ se obține $d_{min} = 3{,}18 \cdot 10^{-3}$m $= 3{,}18$ mm.

2.8.34. *a*) Din relația care exprimă legea conservării energiei rezultă că în punctul unde particula are viteza v_0 potențialul este considerat egal cu zero ($V_0 \to 0$, adică $d_0 \to \infty$)

Din: $\frac{1}{2}mv_0^2 + qV_0 = \frac{1}{2}mv^2 + qV$, considerînd $V_0 = 0$ și $v = 0$ obținem $\frac{1}{2}mv_0^2 = q_0\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 d_{min}}$; $d_{min} = 2{,}21 \cdot 10^{-14}$ m.

b) $F_{max} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_0q}{d_{min}^2} = \frac{mv_0^2}{2d_{min}} = 15$ N.

2.8.35. $L = q\frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r}\right) = 81{,}02$ μJ.

2.8.36. *a*) q fiind sarcina electrică a picăturii, prin scăderea relațiilor de echilibru a forțelor: $qE = 6\pi\eta rv_1 + \frac{4\pi}{3}r^3(\rho - \rho_0)g$ și $qE + \frac{4\pi}{3}r^3(\rho - \rho_0)g = 6\pi\eta rv_2$, obținem $r = \frac{3}{2}\left[\frac{\eta(v_2 - v_1)}{g(\rho - \rho_0)}\right]^{1/2} = 0{,}48$ μm.

b) Adunînd relațiile se obține $n = \frac{q}{|e|} = \frac{9\pi\eta(v_1 + v_2)}{2|e|E}\left[\frac{\eta(v_2 - v_1)}{g(\rho - \rho_0)}\right]^{1/2} = 10$.

c) $v = \frac{v_2 - v_1}{2} = 2{,}63 \cdot 10^{-5}$/ms.

2.8.37. $C = \frac{q}{V} = \frac{q}{\frac{q}{4\pi\varepsilon R}} = 4\pi\varepsilon R$.

2.8.38. a) $\sigma = \frac{CV}{4\pi R^2} = \frac{\varepsilon_0 V}{R} = 8{,}84\cdot10^{-7}\ \mathrm{C/m^2}$; b) $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{V}{R} = 10^5\ \mathrm{V/m}$;

c) $V_1 = \frac{R}{r}V = 10$ V, $E_1 = \frac{R^2}{r^2}E = 10$ V/m; d) $V_{max} = RE_{max} = 30$ kV.

2.8.39. $C = \varepsilon_r C_0 = 20$ pF.

2.8.40. $C_{AB} = 1{,}6\ \mu$F.

2.8.41. Din faptul că în cîmpul electrostatic, tensiunea nu depinde de drum, sau, echivalent, tensiunea pe o curbă închisă este nulă: $U_{10} - U_1 + U_{20} + U_2 = 0$. Sarcina armăturilor este aceeaşi: $q = C_1U_1 = C_2U_2$. Rezultă: $U_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2}(U_{10} + U_{20}) = 7$ V şi $U_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2}(U_{10} + U_{20}) = 3$ V.

2.8.42. Sfera interioară fiind legată la pămînt, potenţialul ei este nul $V_1 = 0$. Apare deci o diferenţă de potenţial între sfere, cîmpul electric corespunzător acestei diferenţe de potenţial va induce sarcina electrică q' pe suprafaţa interioară şi $-q'$ pe suprafaţa exterioară a sferei (fig. 2.8.42, R).

a) $V_1 = -\frac{q'}{4\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R_2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{R_2} - \frac{q'}{R_1}\right) = 0$, de unde $q' = \frac{R_1}{R_2}q = 5$ nC; b) Potenţialul pe suprafaţa sferei exterioare este:

$$V_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{R_2} - \frac{q'}{R_2}\right) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{R_2 - R_1}{R_2^2} = 225\ \mathrm{V}.$$

c) Sistemul de sfere conductoare este echivalent cu un ansamblu de două condensatoare legate în paralel: un condensator sferic de capacitate C_1 format din cele două sfere şi un condensator format de sfera mare şi pămînt, de capacitate C_2. O bornă a schemei echivalente este legată la pămînt (fig. 2.8.42, R) Capacitatea sistemului este $C_{AB} = C_1 + C_2$. Astfel:

$$C = \frac{q}{V} = \frac{4\pi\varepsilon_0 R_2^2}{R_2 - R_1} = 44{,}44\ \mathrm{pF}.$$

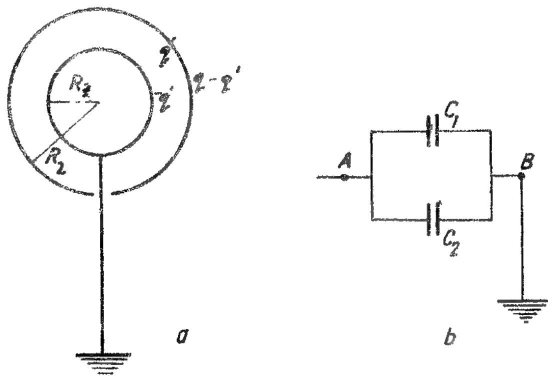


Fig. 2.8.42, R

2.8.43. Se consideră sistemul de condensatori încărcat. Punctele 1, 2 şi 3 vor avea acelaşi potenţial şi pot fi deci unite. Pot fi unite şi punctele 4, 5, 6 (fig. 2.8.43, R). Capacitatea celor trei secţiuni ale schemei echivalente este 3C, 6C şi 3C; $\frac{1}{C_{AB}} = \frac{2}{3C} + \frac{1}{6C}$, adică $C_{AB} = 1{,}2C = 12$nF.

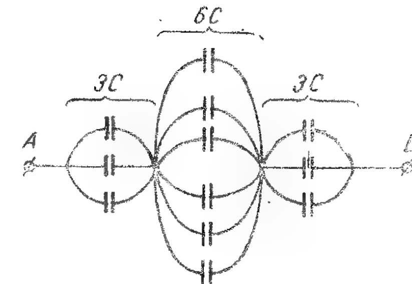


Fig. 2.8.43, R

2.8.44. Orice sistem de corpuri electrizate are energia potenţială electrică, W_e, egală cu lucrul mecanic L necesar pentru a obţine electrizarea sistemului. Energia W_e reprezintă energia cîmpului electric determinat de corpul electrizat sau de sistemul de corpuri electrizate. În cazul electrizării sferei conductoare este necesară efectuarea unui lucru mecanic de către forţe din exterior (altele decît cele de natură electrică) pentru aducerea de la infinit a corpurilor punctiforme care să electrizeze sfera. Lucrul mecanic L_A necesar pentru deplasarea unui corp punctiform cu sarcina q' de la infinit într-un punct A de potenţial V_A este $L_A = q'V_A$. Deoarece în timpul electrizării sferei cu sarcina q potenţialul sferei nu este constant, ci creşte de la 0 la V, se introduce în expresia lucrului mecanic L media aritmetică a potenţialului sferei:

$$L = W_e = q\,\frac{0 + V}{2} = \frac{1}{2}\,qV.$$

Folosind relaţia pentru potenţialul unei sfere conductoare, cu sarcina q, $V = q/4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R$, se obţine: $W_e = \frac{1}{2}\,\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r R} = \frac{1}{2}\,\frac{q^2}{C} = 5$ mJ.

Pentru a stabili un cîmp electric într-o regiune unde acesta nu există, este necesar un anumit lucru mecanic. Energia unui cîmp electric este egală cu lucrul mecanic total ce trebuie efectuat din exterior (sau de forţele cîmpului) pentru a electriza (sau neutraliza) corpurile iniţial neutre (electrizate). Operaţia se efectuează foarte lent şi izoterm pentru a avea mereu echilibru electrostatic (fără dezvoltare sau transfer de căldură).

2.8.45. $R = \frac{R_1R_2}{R_2 - R_1}$.

2.8.46. Expresia $W_e = \frac{1}{2}\,qV$ nu indică localizarea energiei. Ea e repartizată în cîmpul electric, adică în afara corpurilor conductoare electrizate, aşa cum rezultă din concepţia de cîmp şi cum se verifică experimental. În cazul unui condensator plan, tensiunea U dintre armături poate fi exprimată prin intensitatea E a cîmpului uniform $U = Ed$, iar capacitatea $C = \varepsilon S/d$. Înlocuind U şi C în relaţia $W_e = \frac{1}{2}\,CU^2$, se obţine energia cîmpului electric dintre armăturile (plăcile) condensatorului plan. $W_e = \frac{1}{2}\,\varepsilon SdE^2 =$

$= 0{,}44$ mJ. Energia condensatorului este deci lucrul mecanic efectuat de forțele cîmpului determinat de sursa de electrizare.

2.8.47. *a*) Diferența de potențial (tensiunea) dintre sfere este $V_1 - V_2 = U = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_1} - \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$, unde q_1 și q_2 sînt sarcinile sferelor. Din legea conservării sarcinilor, $q_1 + q_2 = 0$, se obține $q_1 = -q_2 = 4\pi\varepsilon_0 \frac{UR_1R_2}{R_1 + R_2}$.
$F = \frac{q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 4\pi\varepsilon_0 \frac{U^2R_1^2R_2^2}{(R_1+R_2)^2r^2} = 4{,}44 \cdot 10^{-8}$ N; *b*) diferența de potențial rămîne aceeași, dar capacitățile sferelor cresc de ε_r; conform relației $q' = C'V = \varepsilon_r C_0 V = \varepsilon_r q$, sarcinile cresc tot de ε_r ori; $q_1' = \varepsilon_r q_1$ și $q_2' = \varepsilon_r q_2$. Forța de interacție dintre sfere va fi:

$$F = \frac{q_1'q_2'}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r r^2} = \frac{\varepsilon_r q_1q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 4\pi\varepsilon_0 \frac{\varepsilon_r U^2R_1^2R_2^2}{(R_1+R_2)^2r^2} = 8{,}8 \cdot 10^{-7}\ \text{N},$$

adică crește de ε_r ori, iar dacă sferele ar fi fost deconectate de la sursă înainte de introducerea lor în petrol, forța ar fi scăzut de ε_r ori.

2.8.48. Din legea conservării sarcinii electrice, $q' + q_1' = q + q_1$, se obține: $V'(C + C_x) = CV + C_xV_1$, de unde rezultă: $C_x = \frac{C(V - V')}{V' - V_1} = 100$ pF.

Altă variantă de rezolvare: sarcina electrică a sferei este $q = 4\pi\varepsilon_0 RV$, iar cea a corpului conductor $q_1 = C_xV_1$. Cele două corpuri conductoare legate prin firul conductor sînt echivalente cu două condensatoare în paralel, pămîntul constituind a doua armătură, la potențialul de referință zero. Deci:

$$V' = \frac{q + q_1}{C + C_x} \quad \text{și} \quad C_x = 4\pi\varepsilon_0 R \frac{V - V'}{V' - V_1} = 100\ \text{pF}.$$

2.8.49. La legarea în paralel $C_p = C_1 = C_2 + C_3$, la legarea în serie $\frac{1}{C_s} - \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$. Din aceste ecuații se obține $C_2C_3 = \frac{C_sC_1}{C_1 - C_s}(C_p - C_1)$. Folosind notațiile $s = C_2 + C_3$ și $p = C_2C_3$ se poate scrie: $x^2 - sx + p = 0$, care are rădăcinile $x_{1,2} = C_2 = C_3 = 2\mu$F.

Datorită fenomenului de influență $q = C_1U_1 = C_2U_2 = C_3U_3$; de unde

$$U_2 = \frac{C_1U_1}{C_2} = 45\ \text{V},\quad U_3 = \frac{C_1U_1}{C_3} = 45\ \text{V}.$$

Tensiunea sursei este $U = U_1 + U_2 + U_3 = 120$ V.

2.8.50. Înainte de introducerea unuia din condensatori în ulei sarcina armăturilor condensatorilor este $q = CU/2$. După introducerea unuia din condensatori în ulei sarcina armăturilor fiecărui condensator este $q_1 = CU_1 = \varepsilon_r CU_2$ și $U = U_1 + U_2$. *a*) Rezultă tensiunile $U_1 = U\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_r + 1} = 40$ V și $U_2 = \frac{U}{\varepsilon_r + 1} = 20$ V. Se observă că tensiunea sursei se distribuie cu

valori mai mari pe condensatorii cu capacitatea mai mică. *b*) După introducerea unuia din condensatori în ulei, sarcina armăturilor fiecărui condensator a variat, în sensul creșterii ei, cu

$$\Delta q = q_1 - q = \frac{C(\varepsilon_r - 1)U}{2(\varepsilon_r + 1)} = 1\text{nC}.$$

2.8.51. *a*) $U_1 = 8$ V; $U_2 = 16$ V; *b*) $q = C_1U_1 = C_2U_2 = 32\mu$F.

2.8.52. 25 pF $\leqslant C \leqslant$ 550 pF.

2.8.53. $C_2 = 1\mu$F.

2.8.54. *a*) $V_B = -800$ V; *b*) $q_1 = 0{,}8$ mC, $q_2 = 1{,}6$ mC, $q_3 = 2{,}4$ mC.

2.8.55. $U_{AB} = 64$ V.

2.8.56. $V_a = 40$ V și $V_c = -20$ V. Cum $q = C_{ab}(V_a - V_b) = C_{ac}(V_a - V_c) = C_{bc}(V_b - V_c)$, se obține din primele două egalități:

$$V_b = \frac{d_{ab}}{d_{ac}}(V_c - V_a) + V_a = -5\ \text{V}.$$

2.8.57. După introducerea plăcii dielectrice, condensatorul este echivalent cu doi condensatori cu aer C_{01} și C_{02} și unul cu dielectric C_d legați în serie, capacitatea sistemului rezultînd din relația

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{01}} + \frac{1}{C_{02}} + \frac{1}{C_d} = \frac{d_1}{\varepsilon_0 S} + \frac{d_2}{\varepsilon_0 S} + \frac{e}{\varepsilon_0\varepsilon_r S} = \frac{1}{\varepsilon_0 S}\left(d - e + \frac{e}{\varepsilon_r}\right).$$

Capacitatea inițială a condensatorului fiind $C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$, atunci

$$C = \frac{C_0}{1 - \frac{e}{d}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon_r}\right)};\quad C = \frac{6C_0}{5},\ \text{rezultă:}\ \varepsilon_r = \frac{1}{1 - \frac{d}{e}\left(1 - \frac{C_0}{C}\right)} = 3.$$

Capacitatea C a condensatorului cu placa dielectrică nu depinde de grosimea straturilor de aer d_1 și d_2 ci de suma lor $(d - e)$, astfel încît C nu se modifică dacă se deplasează placa mai aproape de o armătură sau de cealaltă.

2.8.58. *a*) Din relațiile: $C = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$, $E = \frac{U}{d}$ și $\sigma = \frac{q}{S}$, se obține expresia intensității cîmpului dintre armăturile condensatorului: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$; $U = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}d = 475$ V; *b*) Intensitatea cîmpului determinat de una din armături va fi: $E_+ = E_- = \frac{E}{2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Forța exercitată de o armătură asupra celeilalte este: $F = E_+q = \frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon_0} \simeq 1$ N (nu depinde de distanța dintre armături);

c) $W = Q = \frac{1}{2}qU = \frac{1}{2}\sigma SU \simeq 1$ mJ.

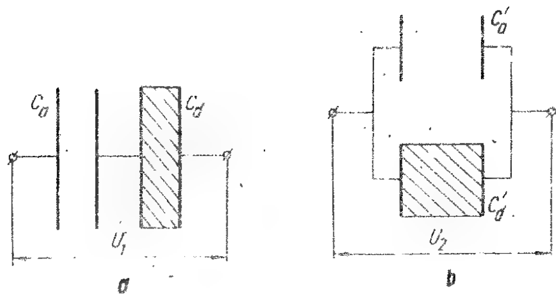


Fig. 2.8.59. R

2.8.59. *a*) În figura 2.8.59, R, *a*, *b* sînt date schemele echivalente. Capacitatea inițială a condensatorului este $C = \varepsilon_1 S/d$, iar sarcina de pe armături $q = CU$; $C_1 = \frac{C_aC_d}{C_a+C_d} = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{d}{2}\left(\frac{1}{\varepsilon_{r1}}+\frac{1}{\varepsilon_{r2}}\right)} = \frac{2\varepsilon_{r2}C}{\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2}}$. Din $C_1 = \frac{q}{U_1} = \frac{CU}{U_1} = \frac{2\varepsilon_{r2}C}{\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2}}$, pentru primul caz de așezare a dielectricului sticlă: $U_1 = \frac{\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2}}{2\varepsilon_{r2}}U = 12$ kV. Pentru al doilea caz:

$$C_2 = C_a' + C_d' = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2})S}{2d} = \frac{(\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2})S}{2\varepsilon_{r1}}.$$

Din: $C_2 = \frac{q}{U_2} = \frac{CU}{U_2} = \frac{(\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2})C}{2\varepsilon_{r1}}$, rezultă: $U_2 = \frac{2\varepsilon_{r1}U}{\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2}} = 6,6$ kV;

b) $\frac{C_2}{C_1} = \frac{(\varepsilon_{r2}+\varepsilon_{r1})^2}{4\varepsilon_{r1}\varepsilon_{r2}} > 1$, pentru că $(\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2})^2$ este totdeauna mai mare decît $4\varepsilon_{r1}\varepsilon_{r2}$ (afară de cazul banal $\varepsilon_{r1} = \varepsilon_{r2}$, cînd $C_1 = C_2 = C$);

c) din relația $C_aU_a = C_dU_d$ care corespunde cazului reprezentat în figura 2.8.59, R, *a* rezultă succesiv: $\frac{C_a+C_d}{C_d} = \frac{U_1}{U_a}$; $\frac{\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r2}} = \frac{U_1}{E_a\frac{d}{2}}$;

$E_a = \frac{2U_1}{d}\frac{\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2}} = 10^6$ V/m; asemănător obținem: $E_s = \frac{2U_1}{d}\frac{\varepsilon_{r1}}{\varepsilon_{r1}+\varepsilon_{r2}} = 2\cdot 10^5\,\frac{\text{V}}{\text{m}}$. Pentru cazul reprezentat în figura 2.8.59, R, *b*, $U_a = U_d = U_2$; de unde $E_a = E_d = \frac{U_2}{\frac{d}{2}} = 6,6\cdot 10^5$ V/m.

2.8.60. Înainte de conectarea în serie a condensatorilor:

$$q_1 = q = C_1U_0;\quad q_2 = 2q;\quad W_i = \frac{1}{2}\frac{q_1^2}{C_1} + \frac{1}{2}\frac{q_2^2}{C_2} = \frac{3}{2}\frac{q^2}{C_1}.$$

După conectarea în serie (fig. 2.8.60, R) $q_2' = 2q_1'$ și $q_1' + q_2' = q$, atunci $q_1' = q/3$ și $q_2' = \frac{2}{3}q$. Energia ansamblului de condensatori devine: $W_f = \frac{1}{2}\frac{q_1'^2}{C_1} + \frac{1}{2}\frac{q_2'^2}{C_2} = \frac{1}{6}\frac{q^2}{C_1}$. Energia condensatorilor va scădea cu: $\Delta W = W_f - W_i = -\frac{4}{3}\frac{q^2}{C_1} = -\frac{4}{3}C_1U_0^2$, energie electrică care se transformă în căldura Q disipată în sîrmele de conectare a condensatorilor;

$$Q = -\Delta W = \frac{4}{3}C_1U_0^2 = 0,33\ \text{J}.$$

2.8.61. Pentru condensatorul cu aer $C = q/U_0$, iar pentru cel cu petrol $\varepsilon_r C = q/U$, de unde $U = U_0/\varepsilon_r$. Energia condensatorilor înainte de conectare este:

$$W_i = \frac{1}{2}CU_0^2 + \frac{1}{2}\varepsilon_r C\frac{U_0^2}{\varepsilon_r^2} = \frac{1}{2}CU_0^2\frac{\varepsilon_r+1}{\varepsilon_r}.$$

Prin legarea în paralel a condensatorilor are loc un transfer de sarcini electrice între armăturile condensatorilor datorită tensiunilor diferite dintre armături (U_0 și U), astfel încît energia condensatorilor va fi: $W_f = \frac{(2q)^2}{2(C+\varepsilon_rC)} = CU_0^2\frac{2}{\varepsilon_r+1}$. Energia condensatorilor va scădea cu

$$\Delta W = W_f - W_i = -\frac{1}{2}CU_0^2\frac{(\varepsilon_r-1)^2}{\varepsilon_r(\varepsilon_r+1)};\quad Q = -\Delta W = 60\mu\text{J}.$$

2.8.62. $L = 84\cdot 10^{-5}$ J; $Q = 1,7$ mJ.

2.8.63. Din relațiile $a_x = \frac{qE}{m}$ și $a_y = g$, se obține $v_x = \frac{qE}{m}t$ și $v_y = v_0 + gt$. Dar $v_y = v_x\,\text{tg}\,\alpha$ (fig. 2.8.63, R), rezultă:

$$E = \frac{m(g+v_0/t)}{q}\,\text{ctg}\,\alpha = 11,43\ \text{kV/m}.$$

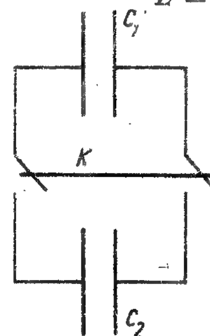


Fig. 2.8.60, R

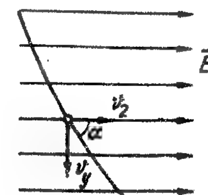


Fig. 2.8.63, R

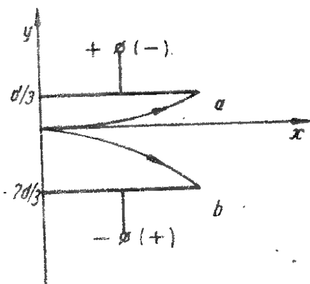


Fig. 2.8.64, R

2.8.64. Din relațiile $x = v_0 t$ și $y = \frac{1}{2} a_y t^2$, unde $a_y = \frac{qE}{m} = \frac{qU}{md}$, se obține ecuația traiectoriei $y = \frac{qU}{2mdv_0^2} x^2$.

a) Pentru $y = d/3$ și $x = l$ (fig. 2.8.64, R) rezultă

$$U = \frac{2mdv_0^2}{ql^2} \cdot \frac{d}{3} = 15{,}16 \text{ V}.$$

b) Pentru $y = -2d/3$ și $x = l$ rezultă $U = \frac{2mdv_0^2}{ql^2}\left(-\frac{2d}{3}\right) = -30{,}32$ V.

2.8.65. $\Delta y = \frac{|e|Ul^2}{2md}\left(\frac{1}{v_{01}^2} - \frac{1}{v_{02}^2}\right) = 3{,}05$ mm.

2.8.66. *a*) $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; $l = \frac{gT_1^2}{4\pi^2} \simeq 0{,}25$ m; *b*) $mg' = mg - qE = mg - F_e$; de unde $g' = g - \frac{F_e}{m}$. Rezultă $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - \frac{F_e}{m}}}$. Din expresiile pentru T_1 și T_2 se obține: $F_e = \frac{(T_2^2 - T_1^2)mg}{T_2^2} = 4{,}49 \cdot 10^{-4}$ N;

c) $T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + \frac{F_e}{m}}} = 0{,}87$ s.

Capitolul 9. CURENTUL ELECTRIC CONTINUU

2.9.1. $U = 20$ V.

2.9.2. $l = 165{,}4$ m; $S = 0{,}28$ mm²; $D \simeq 0{,}3$ mm.

2.9.3. $t = \frac{1}{\alpha}\frac{\Delta R}{R_0} = 25{,}64$°C.

2.9.4. $l_1/l_2 = 0{,}367$.

2.9.5. $R_{01} = R/6 = 100\ \Omega$; $R_{02} = 5R/6 = 500\ \Omega$.

2.9.6. Din: $E = (r + R_1)I_1$ și $E = (r + R_2)I_2$, se obține:

$$r = \frac{I_2R_2 - I_1R_1}{I_1 - I_2} = 0{,}5\ \Omega \text{ și } E = 1{,}5 \text{ V}.$$

2.9.7. Din $I_1R = E + E_0$ și $I_2R = E - E_0$, unde R este rezistența totală a circuitului, se obține: $E = \frac{I_1 + I_2}{I_1 - I_2} E_0 = 4{,}66$ V.

2.9.8. $E = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} E_0 = 0{,}857$ V.

2.9.9. Din $I = U/R$ și $I = \frac{E}{R + r}$ se obține: $\frac{U}{R} = \frac{E}{R + r}$; $U = \frac{E}{R + r} R = 1{,}2$ V.

2.9.10. $U = \frac{E}{\frac{rS}{\rho l} + 1} = 1{,}75$ V.

2.9.11. $R = 1\ \Omega$; $x = 3\ \Omega$; $E = 2$ V.

2.9.12. $r = 1\ \Omega$.

2.9.13. $R = 0{,}5\ \Omega$; $U_2 = 1$ V.

2.9.14. $r = 2\ \Omega$; $E = 6$ V.

2.9.15. $R = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}$. Tensiunea la borne este $U = IR$, deci:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = I\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0{,}8 \text{ A};\quad I_2 = \frac{U}{R_2} = I\frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1{,}2 \text{ A}.$$

2.9.16. *a*) Introducerea acestor instrumente în circuitele electrice nu trebuie să modifice valorile intensităților curenților și tensiunilor. Pentru aceasta ampermetrele ar trebui să aibă rezistența interioară practic nulă, iar voltmetrele—rezistența practic infinită. În realitate, aceste rezistențe au valori de care trebuie să se țină seama; de aceea calitatea acestor instrumente este apreciată și în funcție de puterea pe care o consumă în circuitele în care sînt introduse.

Pentru o bună fidelitate a măsurătorilor este necesar ca puterile nominale R_AI^2 și U^2/R_V, unde I și U sînt valori limită superioare care pot fi măsurate de ampermetru sau voltmetru, să fie neglijabile față de puterea circuitului în care se efectuează măsurarea. Rezultă astfel că rezistența interioară a ampermetrului să fie neglijabilă față de rezistența circuitului în care se măsoară intensitatea curentului I și rezistența interioară a voltmetrului să fie foarte mare în raport cu rezistența porțiunii de circuit la capetele căreia se măsoară tensiunea U.

b) Voltmetrele obișnuite constau dintr-un instrument de măsurare a intensității curentului (microampermetru sau miliampermetru) în serie cu un rezistor de rezistență foarte mare. Funcționarea lor se bazează pe proporționalitatea tensiunii cu intensitatea curentului (sau cu pătratul intensității). Deci astfel de instrumente nu pot fi utilizate pentru verificarea legii lui Ohm întrucît introducerea acestora într-un circuit modifică valoarea intensității curentului I prin circuit și ca urmare și tensiunea $U = RI$ la capetele porțiunii de circuit de rezistență R. Se poate utiliza însă, în acest caz, un voltmetru de tip electrostatic.

c) $R_s = \frac{R_A}{\frac{I}{I_A} - 1} = \frac{R_A}{n - 1} = 5{,}005$ m Ω; $R'_A = \frac{R_A}{n} = 5$ m Ω. Raportul $I/I_A = n$ se numește factor de multiplicare.

d) $R_a = (U/U_V - 1)R_V = (m-1)R_V = 90$ k Ω; $R'_V = mR_V = 100$ k Ω · m se numește raport de multiplicare.

e) $R_a = U/I_G = R_G = 975\ \Omega$; $R_s = \dfrac{R_G}{\dfrac{I}{I_G} - 1} = 0{,}025\ \Omega$.

f) Notînd cu R rezistența totală a circuitului, intensitatea curentului prin galvanometru va fi

$$I_G = I\,\frac{R_2}{R_2 + R_G} = \frac{E_0}{R}\,\frac{R_2}{R_2 + R_G} = 13{,}57 \cdot 10^{-5}\ \text{A}.$$

Constanta galvanometrului va fi dată de raportul $C = I_G/\alpha = 13{,}57$nA/div.

g) Eroarea citirii va fi, indiferent unde se oprește acul pe cadranul gradat (scală)

$$\Delta I = 1{,}5\% \cdot 12\ \text{mA} = 0{,}18\ \text{mA}.$$

Rezultatul corect al măsurării va fi $I = (5 \pm 0{,}18)$ mA.

h) $r = 10\ \Omega$; $P = 10^{-6}$ W. Consumul propriu de energie al altor tipuri de instrumente de măsură este mult mai mare; în cazul instrumentelor de tip electrodinamic, un ampermetru cu scara de 5A sau a unui voltmetru cu scara de 100 V consumă 2 ÷ 5 W. Instrumentele electrodinamice sînt de aceeași clasă de precizie (0,2 ÷ 0,5) ca și instrumentele magnetoelectrice, fiind folosite pentru măsurări de precizie, îndeosebi în curent alternativ.

2.9.17. a) $R_s = 4{,}21 \cdot 10^{-2}\ \Omega$; b) $R_a = 199{,}2\ \Omega$; c) $E = 8{,}01$ V; $r = 10{,}8\ \Omega$.

2.9.18. Curentul are sensul real de parcurgere a laturilor unei rețele de la puncte (noduri) de potențial mai mare către puncte (noduri) de potențial mai mic.

Rezultă, cu o notație ușor de înțeles, că tensiunea U_{AB} între oricare două puncte A și B ale unei rețele de curent continuu este dată de relația

$$U_{AB} = \sum_k (R_k I_k - E_k)_{A \to B}$$

Astfel, în cazul problemei, pe lanțul de laturi Ac, cd, dB
$U_{AB}^{(AcdB)} = R_1 I_1 + (-R_2 I_2) + R_3 I_3 = 32$ V, iar pe latura AEB
$U_{AB}^{(AEB)} = -rI - (-E) = 32$ V.

Așadar, relația pentru U_{AB} se verifică. Această relație se va folosi des în rezolvările problemelor ce urmează.

2.9.19. Înainte de inversare intensitatea curentului prin circuit este: $I = \dfrac{E_1 + E_2}{R + r_1 + r_2}$, iar tensiunea la bornele AB ale sursei 1 este:

$$U_1 = Ir_1 - E_1,$$

de unde se mai poate scrie: $I = \dfrac{U_1 + E_1}{r_1}$. După inversarea bornelor sursei 1

$$I' = \frac{E_2 - E_1}{R + r_1 + r_2} \quad \text{sau} \quad I' = \frac{U'_1 - E_1}{r_1}.$$

Obținem. $\dfrac{U_1 + E_1}{U'_1 - E_1} = \dfrac{E_1 + E_2}{E_2 - E_1}$; $U'_1 = \dfrac{2E_1E_2 + U_1(E_2 - E_1)}{E_1 + E_2}$; pentru $U_1 = 3$ V dă $U'_1 = 5{,}4$ V, iar pentru $U_1 = -2$ V dă $U'_1 = 4{,}4$ V.

2.9.20. $E = 122$ V; $I_{sc} = 610$ A; $U_{sc} = 0$.

2.9.21. $E = \dfrac{U'_2 U_1}{U'_2 - U_2} \simeq 13{,}3$ V.

2.9.22. $R = E\left(\dfrac{1}{I} - \dfrac{1}{I_{sc}}\right) = 23{,}7\ \Omega$.

2.9.23. a) $I = 3$ A; b) $E = 18{,}6$ V; c) $I_{sc} = \dfrac{E}{r} = 93$ A, $U_{sc} = 0$.

2.9.24. $R = \dfrac{UE}{I_{sc}(E - U)} = 3{,}3\ \Omega$.

2.9.25. a) $R_{12} = 4\ \Omega$; b) $\rho = 7{,}5 \cdot 10^{-6}\ \Omega$m; c) $x = U_{AC}\,\dfrac{S}{\rho}\,\dfrac{R_{12} + r}{E - U_{AC}} = 0{,}4$ m.

2.9.26. Din relațiile $I = E/R + r$ și $I' = (E + E_2)/(R + r + r_2)$ și impunerea condiției $I' > I$, se obține $\dfrac{E_2}{r_2} > \dfrac{E}{R + r}$, sau $I_{sc2} > I$.

2.9.27. Rețeaua din figura 2.9.27, R are $N = 2$ noduri (A și B) și $L = 3$ laturi. Deci pe baza teoremei întîi se va scrie $N - 1 = 2 - 1 = 1$ ecuație pentru nodul A (sau B), iar pe baza teoremei a doua $Q = L - N + 1 = 3 - 2 + 1 = 2$ ecuații pentru ochiurile independente AE_1BE_2A și E_2BE_3A.

Se aleg arbitrar sensurile curenților prin laturi (reprezentate prin săgeți întrerupte) și sensul de parcurgere a ochiurilor prin săgeți curbilinii. Se obțin ecuațiile:

pentru nodul A: $I_1 - I_2 - I_3 = 0$;
pentru ochiul I: $R_1I_1 + R_2I_2 = E_1 - E_2$;
pentru ochiul II: $-R_2I_2 + R_3I_3 = E_2 + E_3$.

(Întrucît în datele problemei nu s-au dat valorile rezistențelor interioare r ale surselor se presupune că acestea au valori neglijabile față de valorile pentru rezistențele R ale rezistorilor din laturile respective.)

Înlocuind numeric, se obține:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$
$$2I_1 + 4I_2 = 1$$
$$-4I_2 + 2I_3 = 5.$$

Rezolvînd sistemul, se obține: $I_1 = 1{,}3$ A; $I_2 = -0{,}4$ A; $I_3 = 1{,}7$ A. Intensitățile I_1 și I_3 sînt pozitive, deci sensul real al curenților din aceste laturi coincide cu sensul de referință ales arbitrar; I_2 este negativ, ceea ce înseamnă că sensul real al curentului din latura 2 este opus celui convențional. Sensurile reale ale curenților sînt reprezentate în figura 2.9.27, R prin săgeți continue.

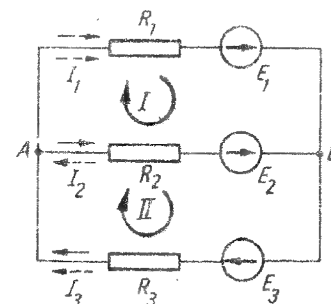


Fig. 2.9.27, R

2.9.28. $U_1 \simeq$ [illegible]; $U_2 \simeq$ [illegible] V; [illegible] $\simeq 36$ mV.

2.9.29. $I_1 = I_2 \simeq 0,44$ A; $I_3 \simeq 0,87$ A; $I_4 \simeq 2,57$ A; $I_5 \simeq 2,18$ A; $I_6 = 1,45$ A; $I_7 = 3,63$ A.

2.9.30 $I = \dfrac{r_2E_1 + r_1E_2}{r_1r_2 + R(r_1 + r_2)} = 10$ A; $I_1 = \dfrac{(r_2 + R)E_1 - RE_2}{r_1r_2 + R(r_1 + r_2)} = -4$ A;

$I_2 = \dfrac{(r_1 + R)E_2 - RE_1}{r_1r_2 + R(r_1 + r_2)} = 14$ A.

a) $U = U_{AB} = RI = \dfrac{R(r_2E_1 + r_1E_2)}{r_1r_2 + R(r_1 + r_2)} = 20$ V;

b) $U_0 = U\Big|_{R\to\infty} = \dfrac{r_2E_1 + r_1E_2}{\dfrac{r_1r_2}{R} + r_1 + r_2}\Bigg|_{R\to\infty} \approx \dfrac{r_2E_1 + r_1E_2}{r_1 + r_2} \approx 32$ V;

c) $I_{sc} = I\Big|_{R=0} = \dfrac{r_2E_1 + r_1E_2}{r_1r_2 + R(r_1 + r_2)}\Bigg|_{R=0} = \dfrac{E_1}{r_1} + \dfrac{E_2}{r_2} = 26,66$ A.

d) Impunînd condiția $I = 0$ rezultă $E_1/r_1 = -E_2/r_2$, adică una din surse trebuie să aibă polaritatea inversată, iar curenții lor de scurtcircuit trebuie să aibă aceeași intensitate $I_{sc_1} = I_{sc_2}$.

e) Împărțind în expresia pentru U (de la punctul a) numărătorul și numitorul prin produsul r_1r_2R se obține:

$$U = \frac{\dfrac{E_1}{r_1} + \dfrac{E_2}{r_2}}{\dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_2} + \dfrac{1}{R}};\ \text{generalizînd pentru } n \text{ surse: } U = \frac{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{E_i}{r_i}}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{1}{r_i} + \dfrac{1}{R}}.$$

Intensitățile curenților prin surse sînt date de relația $I_k = \dfrac{E_k - U}{r_k}$, unde $k = 1, 2, ..., n$. Intensitatea curentului prin rezistorul R va fi $I = U/R$.

f) Folosind relațiile de la punctul precedent,

$$I_1 = \frac{1}{r_1}\left(E_1 - \frac{\dfrac{E_1}{r_1} + \dfrac{E_2}{r_2}}{\dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_2} + \dfrac{1}{R}}\right)$$ și impunînd condiția $I_1 = 0$ pentru $R = R_0$,

se obține: $R_0 = r_2\dfrac{E_1}{E_2 - E_1} = 0,4\ \Omega$. (Pentru ca să existe o soluție fizică a problemei se observă că e necesară condiția $E_2 > E_1$.)

2.9.31. Condiția $U' > U$ înseamnă că: $\dfrac{\dfrac{E_1}{r_1} + \dfrac{E_2}{r_2}}{\dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_2} + \dfrac{1}{R}} > \dfrac{\dfrac{E_1}{r_1}}{\dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{R}}$.

Calculul intermediar $E_1r_1r_2 + E_1r_2R + E_2r_1^2 + E_2r_1R > E_1r_1r_2 + E_1r_1R + E_1r_2R$ duce la: $E_2 > \dfrac{E_1R}{r_1 + R} = U$, adică $E_2 > 6$ V.

2.9.32. Circuitul are $N = 4$ noduri (A, B, C, D) și $L' = 6$ laturi, deci pe baza teoremei întîi se vor scrie $N - 1 = 3$ ecuații, pentru nodurile A, B, C, iar pe baza teoremei a doua $l - n + 1 = 6 - 4 + 1 = 3$ ecuații pentru ochiurile independente ($ACDEA$; $ABCA$; $BDCB$). Se aleg arbitrar sensurile curenților prin laturi și sensul de parcurgere a ochiurilor. Se obțin deci ecuațiile

$$\begin{aligned} &I_1 - I_2 - I_5 = 0;\\ &I_2 - I_3 - I_6 = 0;\\ &I_5 + I_3 - I_4 = 0;\\ &rI_1 + R_5I_5 + R_4I_4 = E;\\ &R_2I_2 + R_3I_3 - R_5I_5 = 0;\\ &R_6I_6 - R_4I_4 - R_3I_3 = 0; \end{aligned} \quad \text{și prin înlocuire numerică:} \quad \begin{aligned} &I_1 - I_2 - I_5 = 0;\\ &I_2 - I_3 - I_6 = 0;\\ &I_5 + I_3 - I_4 = 0;\\ &I_1 + 2I_5 + 2I_4 = 47;\\ &4I_2 + 3I_3 - 2I_5 = 0;\\ &I_6 - 2I_4 - 3I_3 = 0. \end{aligned}$$

Relația a doua adunată cu a treia dă: $I_2 + I_5 = I_4 + I_6$; deci $I_1 = I_4 + I_6$; $I_2 = I_4 + I_6 - I_5$; $I_3 = I_4 - I_5$. Substituind aceste relații în ultimele trei relații ale sistemului, se obține: $3I_4 + 2I_5 + I_6 = 47$; $7I_4 - 9I_5 + 4I_6 = 0$; $-5I_4 + 3I_5 + I_6 = 0$.

Rezolvarea acestui sistem prin metoda reducerii dă:

$I_1 = 15$ A; $I_2 = 6$ A; $I_3 = -2$ A; $I_4 = 7$ A; $I_5 = 9$ A; $I_6 = 8$ A.

Pentru verificare se poate scrie teorema a doua pentru un ochi nefolosit la scrierea ecuațiilor, de exemplu ochiul exterior $ABDEA$:

$$R_2I_2 + R_6I_6 + rI_1 = E.$$

2.9.33. $I_1 = 1,28$ A; $I_2 = 1,85$ A; $I_3 = -0,57$ A; $U_{a,b} = -42,46$ V.

2.9.34. $E = \dfrac{2(U + n)}{2 - n} = 4$ V.

2.9.35. În primul caz: $E = Ir + U_1 + U_2$, unde Ir este căderea de tensiune interioară.

Cînd se leagă numai al doilea voltmetru; $E = I_1r + U_2'$; $U_2 = IR_2$; $U_2' = I_1R_2$, unde R_2 este rezistența voltmetrului al doilea. Obținem:

$$R_2 = \frac{U_2}{I};\quad I_1 = \frac{U_2'}{R_2} = \frac{U_2'I}{U_2}.$$

Din prima relație rezultă: $Ir = E - (U_1 + U_2)$.

Vom obține $E = \dfrac{U_2'}{U_2}Ir + U_2'$; $E = \dfrac{U_2'}{U_2}E - (U_1 + U_2) + U_2'$, de unde rezultă: $E = \dfrac{U_2'U_1}{U_2' - U_2} = 13,3(3)$ V.

2.9.36. Pentru legarea în serie: $P_1 = R_1I^2$; $P_2 = R_2I^2$; $P_1/P_2 = R_1/R_2 > 1$. Pentru legarea în paralel: $P_1 = U^2/R_1$; $P_2 = U^2/R_2$; $P_1/P_2 = R_2/R_1 < 1$. Deci pentru legarea în paralel a conductorilor $P_2 > P_1$.

2.9.37. Intensitatea curentului debitat de sursă este: $I = \dfrac{E}{R + r}$.

Puterea transmisă de sursă circuitului exterior este:

$P = I^2R = \dfrac{E^2R}{(R + r)^2}$, sau $PR^2 + (2Pr - E^2)R + Pr^2 = 0$ cu

$$R = \frac{E^2 - 2Pr \pm E\sqrt{E^2 - 4Pr}}{2P}.$$

Se observă că R are sens fizic dacă $R \geqslant 0$ și dacă $E^2 - 4Pr \geqslant 0$, sau $P \leqslant E^2/4r$. Rezultă că $P_{max} = E^2/4r$. Din prima și ultima relație, pentru ca $P = P_{max}$ trebuie să se verifice egalitatea $E^2R/(R + r)^2 = E^2/4r$, ceea ce impune egalitatea $R = r$. Astfel: $P_{max} = E^2/4R$.

Puterea debitată de sursă este: $P_s = EI = E^2/2r$, randamentul în cazul transferului maxim de putere este: $\eta = P_{max}/P_s = 0{,}5$.

2.9.38. Rezistențele R_1 și R_2 sînt rădăcinile ecuației $PR^2 + (2Pr - E^2)R + Pr^2 = 0$, din problema precedentă. Folosind relațiile dintre rădăcini și coeficienți, $R_1R_2 = r^2$, rezultă: $R_2 = \dfrac{r^2}{R_1} = 6{,}25\ \Omega$.

2.9.39. *a)* $P_X = U_X^2/X$; $U_X = \dfrac{R_2X}{R_2 + X}I = \dfrac{R_2X}{R_2 + X} \cdot \dfrac{E}{(R_1 + r) + \dfrac{R_2X}{R_2 + X}} = \dfrac{60X}{X + 10}$. $X^2 - 25X + 100 = 0$; $X = \begin{cases} 5\ \Omega \\ 20\ \Omega \end{cases}$. *b)* Puterea dezvoltată de sursă este mai mare pentru $X_1 = 5\ \Omega$ și are valoarea $P_{s_1} = EI_1 = 600$ W.

2.9.40. Puterea disipată în rezistor este $P = UI$. Cum $U = E - Ir$ și $I = \dfrac{E - U}{r}$, se obține pentru P expresia $P = \dfrac{EU - U^2}{r}$, de unde $U = \dfrac{E}{2} \pm \sqrt{\dfrac{E^2}{4} - Pr} = 5 \pm 4$. Deci $U_1 = 9$ V și $U_2 = 1$ V. Aceeași putere poate fi deci disipată în rezistori avînd rezistențe diferite. Pentru $U_1 \Rightarrow I_1 = 1$ A și $R_1 = P/I_1^2 = 9\ \Omega$. Pentru $U_2 \Rightarrow I_2 = 9$ A și $R_2 = 1/9\ \Omega$.

2.9.41. *a)* Din $P = \dfrac{E^2R_1}{(R_1 + r)^2} = \dfrac{E^2R_2}{(R_2 + r)^2}$ se obține $r = \sqrt{R_1R_2} = 10\ \Omega$ și $E = (\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2})P = 60$ V; *b)* $\eta_1 = \dfrac{R_1}{R_1 + r} = 33{,}3\%$; $\eta_2 = \dfrac{R_2}{R_2 + r} = 66{,}6\%$; $\eta_{max} = 50\%$ (pentru $R = r$).

2.9.42. Sînt posibile două alcătuiri mixte ale bateriei de acumulatori și anume: *a)* N/n grupe a cîte n acumulatori legați în serie, grupele fiind dispuse în paralel. Intensitatea curentului prin circuitul exterior va fi în acest caz: $I_1 = \dfrac{nE}{R + \dfrac{nr}{\dfrac{N}{n}}} = \dfrac{E}{\dfrac{R}{n} + \dfrac{nr}{N}}$; I_1 prezintă valoare maximă cînd $\left(\dfrac{R}{n} + \dfrac{nr}{N}\right)$ are valoare minimă. O funcție $y = ax + \dfrac{b}{x}$ prezintă valoare minimă pentru $x = x_0 = \sqrt{\dfrac{b}{a}}$, adică atunci cînd ecuația pătratică $ax^2 - yx + b = 0$ are rădăcini egale.

Deci $I_1 = I_{1max}$ pentru $n = \sqrt{\dfrac{RN}{r}} = 4$ acumulatori.

$$I_{1max} = \frac{E}{\dfrac{R}{\sqrt{\dfrac{RN}{r}}} + \sqrt{\dfrac{RN}{r}}\,\dfrac{r}{N}} = \frac{E}{2}\sqrt{\frac{N}{Rr}} = 20 \text{ A};$$

b) N/n grupe a cîte n acumulatori legați în paralel, grupele fiind dispuse în serie; $I_2 = \dfrac{\dfrac{N}{n}E}{R + \dfrac{r}{n}\dfrac{N}{n}} = \dfrac{NE}{nR + \dfrac{rN}{n}}$.

Curentul prin circuitul exterior va avea în acest caz intensitatea maximă pentru $n = \sqrt{rN/R} = 6$ acumulatori legați în paralel în cele N/n grupe dispuse în serie; $I_{2max} = \dfrac{E}{2}\sqrt{\dfrac{N}{Rr}} = 20\ \text{A} = I_{1max}$. Puterea disipată în circuitul exterior este în ambele cazuri $P = RI_{max}^2 = 80$ W.

2.9.43. Din punctul de vedere al puterii transmise, este mai avantajoasă dispunerea surselor în paralel. Într-adevăr; pentru legarea serie: $P_s = RI^2 = R\left(\dfrac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R}\right)^2 \simeq 13{,}4$ W; pentru legarea paralel: $P_p = \dfrac{U^2}{R} = \dfrac{1}{R}\left(\dfrac{\dfrac{E_1}{R_1} + \dfrac{E_2}{R_2}}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R}}\right)^2 = 31{,}25$ W.

2.9.44. $E_2 = E_1\sqrt{\dfrac{r_1}{r_2}} = 2$ V.

2.9.45. $D = \sqrt{\dfrac{8l\rho P}{n(1 - n)\pi U_0^2}} = 3{,}35 \cdot 10^{-3}$ m.

2.9.46. *a)* $R_1 = 44\ \Omega$; *b)* $\alpha = 4{,}7 \cdot 10^{-3}$ grd^{-1}.

2.9.47. $m = 6{,}43$ kg.

2.9.48. Din relațiile $I = q/t$ și $m = \dfrac{1}{F}\dfrac{A}{n}It$, se deduce: $t = \dfrac{q}{I} = \dfrac{mFn}{IA} \simeq 4{,}3 \cdot 10^4\text{s} \simeq 12$ h.

2.9.49. Din $m = KIt$ și $m = Sh\rho$, se obține $t = Sh\rho/KI$; $t = 9\text{h}50'43''$; catod.

2.9.50. $m_2 = m_1\dfrac{A_2n_1}{A_1n_2} = 60$ g.

2.9.51. $\Delta I = I - I_A = \dfrac{m}{Kt} - I_A = 40$ mA.

2.10.1. *a)* $F_1 = 2 \cdot 10^{-2}$N; *b)* $F_2 = 1{,}7 \cdot 10^{-2}$N.

2.10.2. $I = 4{,}9$ A.

2.10.3. $\Phi = 0{,}86$ μWb.

2.10.4. $B = 2 \cdot 10^{-5}T$.

2.10.5. $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$; $B_1 = B_2 = B_3 = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{2\pi a}$; $B = (B_1 + B_2)\cos \pi/3 + B_3 = 2B_1 \Rightarrow B = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{\pi a} = 6{,}93 \cdot 10^{-5}$T (fig. 2.10.5, R).

2.10.6. *a)* $B_1 = \frac{\mu_0 I}{\pi d} = 2{,}39 \cdot 10^{-4}$T; *b)* $B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\, \frac{r_1 - r_2}{r_1 r_2} = 8 \cdot 10^{-5}$T.

2.10.7. Numai dispunerea conductorilor în ordinea 1, 2, 3 asigură relația $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0$ sau $B_1 + B_3 = B_2$, care să determine o dreaptă în punctele căreia $B = 0$; $\frac{\mu_0 I}{2\pi x} + \frac{2\mu_0 I}{2\pi(2a - x)} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(a - x)}$; $x = 2$ cm, adică dreapta se află la 2 cm de conductorul parcurs de curentul de intensitate I_1.

2.10.8. Forță de respingere: $f = 5 \cdot 10^{-3}$ N/m.

2.10.9. Forțele $\vec{F}_3$ și $\vec{F}_4$ sînt egale și de sens contrar (fig. 2.10.9, R), suma lor vectorială este nulă. Forța de atracție rezultantă este:

$$F = F_1 - F_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} II'b\left(\frac{1}{c} - \frac{1}{c + a}\right) = 3 \cdot 10^{-5}\text{N}.$$

Forța F devine o forță de respingere dacă se inversează unul dintre sensurile curenților.

2.10.10. $I = \left(\frac{USB}{\pi\rho\mu_0}\right)^{1/2} = 10$ A.

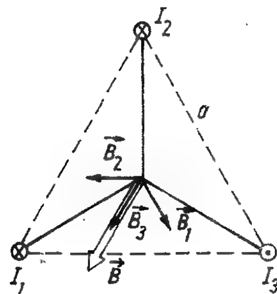


Fig 2.10.5, R

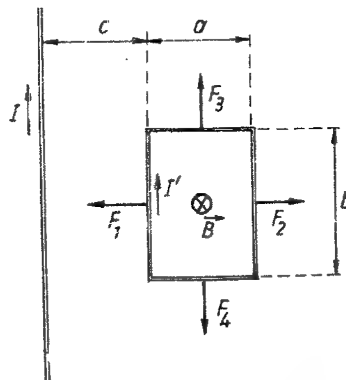


Fig. 2.10.9, R

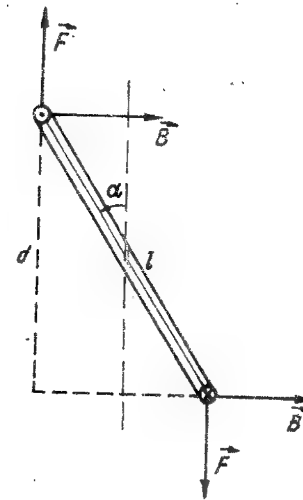


Fig. 2.10.11, R

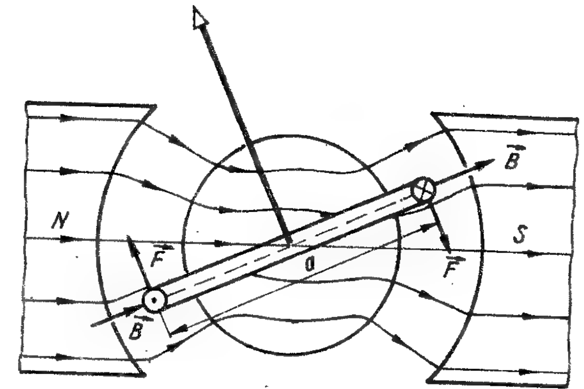


Fig. 2.10.13, R

2.10.11. În figura 2.10.11, R este reprezentată bobina-cadru, văzută în lungul axului de rotație, rotită cu unghiul $\alpha = 30°$. Rezultă: $M(\pi/6) = F \cdot d = Fl \sin\alpha = BNIS \sin\alpha = \pm 10^{-3}$N · m. (Se consideră semnul + sau − după cum inducția cîmpului magnetic B_b al bobinei în poziția sa inițială are același sens sau − respectiv − sens opus cu inducția B a cîmpului magnetic exterior.) Pentru poziția inițială ($\alpha = 0°$), $M(0) = 0$.

2.10.12. *a)* $F = BIl \sin\alpha = 0{,}3$ N. *b)* Lucrul mecanic necesar pentru mișcarea conductorului este $L = Fs$, unde s este spațiul parcurs, $s = vt$. Puterea cheltuită va fi: $P = L/t = Fv = BIlv \sin\alpha = 0{,}06$ W.

2.10.13. *a)* Forța electromagnetică care acționează asupra fiecărei laturi active (fig. 2.10.13, R) este $F = BNIb$, iar momentul cuplului electromagnetic $M = Fa$. La echilibru $M = M_a$, de unde: $\alpha = \frac{BNIba}{k} = 60°$. *b)* Sensibilitatea aparatului este: $K = \frac{NBba}{k} = 6 \cdot 10^4$grad/A $= 3 \cdot 10^4$ div/A. Constanta aparatului este: $C = \frac{1}{K} = 3{,}33 \cdot 10^{-5}$A/div.

2.10.14. *a)* Forța exercitată asupra protonului este forța Lorentz $\vec{F}_L = q(\vec{v}_0 \times \vec{B})$ cu $F_L = qv_\perp B$, unde $v_\perp = v_0 \sin\alpha$ este componenta vitezei protonului perpendiculară pe liniile de inducție magnetică (fig. 2.10.14, R). Forța $\vec{F}_L$ este permanent orientată perpendicular pe $\vec{B}$; prin urmare, com-

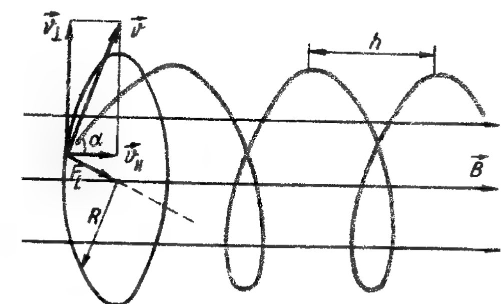


Fig. 2.10.14, R

ponenta $v_{\parallel} = v_0 \cos\alpha$ a vitezei protonului, paralelă cu liniile de cîmp, nu este modificată. În planul perpendicular pe $\vec{B}$ proiecția mișcării protonului reprezintă un cerc a cărui rază R se determină din condiția ca forța exercitată de cîmp să fie egală cu forța centripetă $qvB = mv^2/R$. Se obține: $R = \frac{mv_0}{qB}\sin\alpha =$ $= 0{,}09$ m. *b*) Perioada mișcării de rotație este $T = 2\pi R/v_{\perp} = 2\pi m/qB$. Traiectoria protonului este elicoidală deoarece există și o componentă paralelă $v_{\parallel}$ a vitezei. Pasul elicoidei este $h = v_{\parallel}T$; sau $h = 2\pi R \operatorname{ctg}\alpha = 3{,}2$ m. Pentru $\alpha = 0$, $F_L = 0$, mișcarea particulei rămîne rectilinie și uniformă. Pentru $\alpha = \pi/2$, $F_L = qv_0B$, particula descrie o traiectorie circulară într-un plan perpendicular pe $\vec{B}$.

2.10.15. $R = 0{,}07$ m; $h = 0{,}79$ m.

2.10.16. Fiind accelerate sub aceeași tensiune, particulele au energiile cinetice, la sfîrșitul procesului de accelerare, respectiv, $W_\alpha = qU$, $W_p = q_pU$; deci $m_\alpha v_\alpha^2/2 = 2m_pv_p^2/2$. Rezultă: $\frac{R_\alpha}{R_p} = \frac{m_\alpha v_\alpha}{2m_pv_p} = \sqrt{\frac{m_\alpha}{2m_p}} = 1{,}41$.

2.10.17. Egalînd forța de deviație magnetică $F_L = qvB$ cu forța gravitațională $G = mg$, rezultă: $v = \frac{mg}{qB} = 4{,}45 \cdot 10^{-4}$ m/s.

2.10.18. Devierea x_1 a fasciculului la ieșirea din cîmpul magnetic față de direcția sa inițială este: $x_1 = PK = R - \sqrt{R^2 - l^2}$.

Abaterea x_2 se determină din proporția $x_2/L = PM/PC$; $x_2 = L\frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}}$.

Distanța $D = x_1 + x_2$ este dată de relația: $D = R - \sqrt{R^2 - l^2} +$ $+ L\frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}}$.

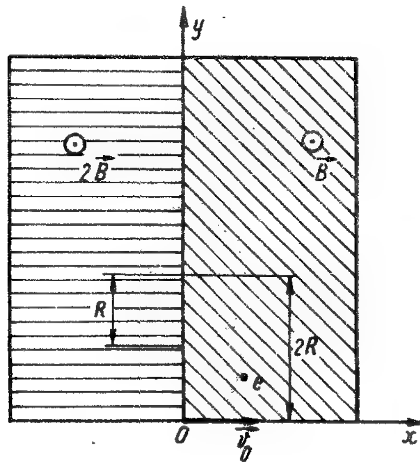


Fig. 2.10.19, R

Raza traiectoriei fasciculului electronic în cîmp se determină din egalitatea $F_{centr.} = F_L$, $R = mv/|e|B$, iar viteza se obține din relația $mv^2/2 =$ $= |e|\,U$. Astfel: $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{|e|}} =$ $= 0{,}1$ m. Prin înlocuirile numerice în relația pentru D, se obține:

$$D = R - \sqrt{R^2 - 1^2} + L\frac{l}{\sqrt{R^2 - l^2}} =$$
$$= 0{,}1\ 534 \text{ m}.$$

2.10.19. Traiectoria electronului care străbate succesiv cele două cîmpuri de inducție B și $2B$ va fi o „spirală“, ca în figura 2.10.19, R. Se constată o periodicitate în parcurgerea spiralei după descrierea unui semicerc mare de

diametru $2R$ și a unui semicerc mic, de diametru R. Pe direcția Oy spațiul va fi $d_y = 2R - R$, iar timpul $t = T_1/2 + T_2/2$, unde T_1 și T_2 sînt perioadele mișcării de-a lungul traiectoriilor circulare. $T = 2\pi m/|e|B$, deci $t = \frac{3}{2}\frac{m}{|e|B}$ și $v_y = \frac{d_y}{t} = \frac{2}{3}\frac{R|e|B}{\pi m}$. Deoarece $v_0 = R\omega_0 = R\frac{|e|B}{m}$, rezultă: $v_y = \frac{2}{3\pi}v_0 = 2 \cdot 10^6$ m/s.

Capitolul 11. INDUCȚIA ELECTROMAGNETICĂ

2.11.1. $e = -\frac{(B_2 - B_1)S}{\Delta t} = 3 \cdot 10^{-3}$ V.

2.11.2. $\Phi_0 = \frac{e\Delta t}{N} = 10^{-3}$ Wb.

2.11.3. $e = 2{,}5 \cdot 10^{-2}$ V.

2.11.4. $e = 5$ mV.

2.11.5. $e = -\Delta\Phi/\Delta t$; fluxul magnetic inițial Φ_1 prin bobină este $\Phi_1 = \Phi_0 N \cos\alpha = BSN\cos\alpha$, unde Φ_0 este fluxul magnetic printr-o spiră a bobinei, situată perpendicular pe liniile de cîmp. Prin dispariția cîmpului magnetic, fluxul magnetic prin bobină devine nul: $\Phi_1 = e\Delta t = BSN\cos\alpha$.

Din $(e/R) = i = q/\Delta t$. Astfel: $qR = BSN\cos\alpha$; $q = \frac{BSN\cos\alpha}{R} =$ $= 2{,}4 \cdot 10^{-4}$C.

2.11.6. În cazul tensiunii electromotoare induse într-un conductor deplasat cu viteză constantă într-un cîmp magnetic uniform, perpendicular pe liniile de cîmp, variația fluxului magnetic poate fi exprimată în funcție de variația ariei circuitului, ΔS, în timpul Δt. $\Delta\Phi = B\Delta S \simeq B\frac{1}{2}R \cdot R\Delta\alpha$.

Rezultă: $U_{AB} = |e| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{1}{2}BR^2\frac{\Delta\alpha}{\Delta t} = \frac{1}{2}BR^2\omega = \pi BR^2n = 1{,}57$ mV.

2.11.7. $U = 0{,}625$ V.

2.11.8. $e_1 = 600$ V; $e_2 = -400$ V.

2.11.9. $I = \frac{E \pm e}{R + r}$; $e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\Delta\Phi = B\Delta S$; $S = lv\Delta t$; $\Delta\Phi = Blv\Delta t$; $e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Blv$; $I = \frac{E \mp Blv}{R + r}$; $I_1 = 0{,}4$ A; $I_2 = 1{,}2$ A; $I' = \frac{E}{R + r} =$ $= 0{,}8$ A; $\frac{I_1}{I'} = \frac{1}{2}$; $\frac{I_2}{I'} = 1{,}5$.

2.11.10. Conductorul va fi supus unei forțe electromagnetice: $\vec{F}_{em} =$ $= I\vec{l} \times \vec{B} = IlB\vec{u}_v$.

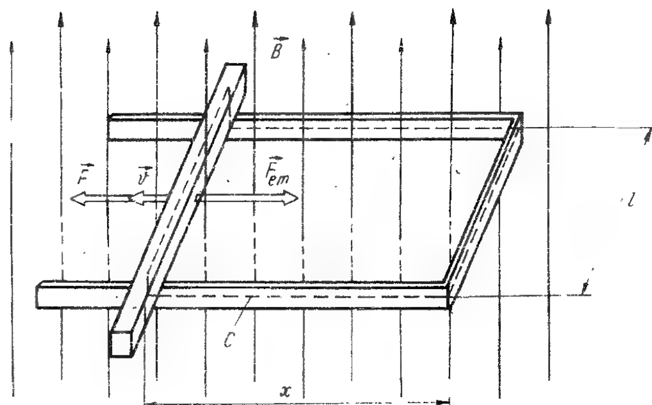


Fig. 2.11.10, R

În această expresie, vectorul $\vec{l}$ are sensul curentului indus I, iar $\vec{u}_v$ este vectorul unitate al vectorului vitezei $\vec{v}$, adică $\vec{u}_v = \vec{v}/v$. Conform regulii lui Lentz, dacă bara se mişcă uniform în sensul care corespunde creşterii fluxului magnetic Φ prin conturul C (fig. 2.11.10, R), intensitatea curentului continuu va rezulta negativă ($I < 0$), iar $\vec{F}_{em}$ va fi de sens opus forţei exterioare $\vec{F}$. Punînd condiţia ca lucrul mecanic efectuat din exterior, în unitatea de timp, să fie egal cu puterea dezvoltată prin efect Joule în circuitul de contur C, se poate determina expresia t.e.m. induse e.

Puterea mecanică efectuată din exterior este:

$$P = \vec{F}\vec{v} = -\vec{F}_{em}\vec{v} = -IlBv > 0; \qquad (I < 0)$$

deoarece în cazul unei mişcări uniforme: $\vec{F} + \vec{F}_{em} = \vec{F} + IlB\vec{u}_v = 0$.

Puterea dezvoltată în circuit prin efect Joule este: $P_J = RI^2 = eI$.

Din conservarea puterilor ($P = P_J$), rezultă: $-IBlv = eI$;

$$e = -Blv = -Bl\frac{\Delta x}{\Delta t} = -\frac{\Delta(Blx)}{\Delta t}.$$

Fluxul magnetic al inducţiei cîmpului magnetic exterior prin conturul C este însă $\Phi = Blx$; rezultă expresia cantitativă a legii inducţiei electromagnetice dedusă pe considerente energetice pentru cazul particular al experimentului descris, $e = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

2.11.11 *a*) Atribuind un sens de parcurgere pentru cercul mare al circuitului, sens asociat după regula burghiului sensului lui $\vec{B}$, rezultă $\Phi_1 = BS_1 = \pi r_1^2 B$, respectiv $\Phi_2 = BS_2 = \pi r_2^2 B$. Fluxul magnetic total prin suprafaţa delimitată de circuit este $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \pi(r_1^2 - r_2^2)B$. Tensiunea electromotoare e indusă în circuitul din figura 2.11.11, *a* este

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\pi(r_1^2 - r_2^2)\frac{\Delta B}{\Delta t} = -5{,}89 \text{ mV}.$$

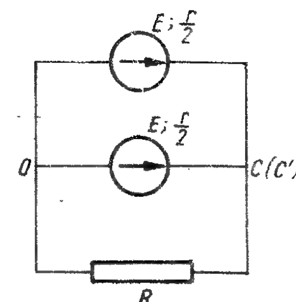


Fig 2.11.12, R

Semnul minus arată că sensul t.e.m. e este invers sensului arbitrar ales în circuitul buclă.

Exprimînd rezistenţa circuitului prin relaţia $R_1 + R_2 = 2\pi(r_1 + r_2)R_l$, unde R_l reprezintă rezistenţa sîrmei pe unitatea de lungime, intensitatea curentului prin circuit este:

$$I = \frac{e}{R_1 + R_2} = -\frac{r_1 - r_2}{2R_l}\frac{\Delta B}{\Delta t}.$$

Tensiunea între punctele de încrucişare CD are expresia $U_{CD} = e_1 - R_1 I = -\pi r_1 r_2 \dfrac{\Delta B}{\Delta t} = -1{,}57$ mV.

b) Pentru circuitul din figura 2.11.11, *b* $e = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\pi(r_1^2 + r_2^2)\dfrac{\Delta B}{\Delta T} = -6{,}68$ mV; $I = \dfrac{e}{R_1 + R_2} = -\dfrac{r_1^2 + r_2^2}{2(r_1 + r_2)R_l}\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$; $U_{CD} = e_1 - R_1 I = -\dfrac{\pi r_2(r_1^2 + r_2^2)}{r_1 + r_2}\dfrac{\Delta B}{\Delta t} = -1{,}335$ mV.

c) $e = -6{,}68$ mV; $U_{CD} = -1{,}335$ mV.

2.11.12. *a*) Schema electrică echivalentă a sistemului este dată în figura 2.11.12, R. T.e.m. E a sursei echivalente este $E = e = \omega BD^2/8$ iar rezistenţa ei interioară este $r/2$. Se obţine $Q = R\left(\dfrac{\pi n BD^2}{r + 4R}\right)^2 = 1{,}97$ µJ.

b) Căldura degajată are aceeaşi valoare ca la punctul *a*).

2.11.13. $I = 0{,}12$ A.

2.11.14. Acul voltmetrului va rămîne nedeviat. Rezolvarea de tipul:

$$e = -\frac{\Delta\Phi_{total}}{\Delta t} = -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = -\Phi\frac{\Delta N}{\Delta t}$$ este incorectă.

Conform legii lui Faraday, $e = \left(-\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)_{B\ variabil} + \left(-\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)_{mişcare\ în\ cîmp}$

dar, în acest caz, nu există nici B variabil şi nici porţiuni ale sîrmei în mişcare în cîmp; deci $e = 0$.

2.11.15. $L = \mu_0\dfrac{R^2D^4}{64l\rho^2} = 0{,}14$ mH.

2.11.16. (*a*) $L = 0{,}13$ H; (*b*) $N = 325$ spire.

PROBLEME DE SINTEZĂ

ENUNŢURI

3.1. O monedă este aşezată pe un disc de pick-up care se roteşte uniform, rămînînd în repaus faţă de disc.

a) Care este direcţia şi sensul forţei de frecare exercitată asupra monedei?

b) Cum se modifică direcţia forţei de frecare dacă se întrerupe alimentarea pickup-ului?

3.2. Un satelit de masă $m = 1{,}0$ t este plasat pe o orbită circulară în jurul Pămîntului la o altitudine egală cu raza Pămîntului $h = R = 6\,400$ km. Ce lucru mecanic efectuează forţa de greutate a satelitului într-o semiperioadă de revoluţie în jurul Pămîntului?

3.3. Pe o sanie de masă $M = 10$ kg este aşezat un corp de masă $m = 20$ kg. Coeficientul de frecare la alunecare între sanie şi zăpadă este $\mu = 0{,}10$. De corpul m este prins un fir de care se trage orizontal. Care este valoarea minimă posibilă a coeficientului de frecare la alunecare dintre corp şi sanie μ_{min}, ştiind că sania alunecă rectiliniu uniform, iar corpul de pe sanie nu alunecă faţă de sanie?

3.4. Un om trage o ladă de masă $m = 20$ kg, aşezată pe un plan orizontal, cu o forţă $F = 98$ N, care formează un unghi α cu orizontala. Variind acest unghi, omul constată că pentru $\alpha = 30°$ corpul alunecă uniform pe plan.

a) Să se afle coeficientul de frecare la lunecare μ dintre corp şi planul orizontal.

b) Ce masă minimă trebuie să aibă omul pentru a putea trage lada uniform (sub unghiul $\alpha = 30°$), dacă coeficientul de frecare la lunecare dintre om şi planul orizontal este acelaşi cu cel dintre ladă şi plan?

3.5. Se dă sistemul din figura 3.5: $m_1 = 6{,}0$ kg, $m_2 = 4{,}0$ kg, $F_1 = 60$ N, $F_2 = 28$ N, $\alpha = 30°$C, $\mu = 0{,}20$, $g = 10$ m/s². Iniţial sistemul este în repaus şi forţele intră simultan în acţiune, dar după timpul $t_1 = 4{,}0$ s forţa F_1 dispare. Să se afle:

a) timpul după care sistemul revine în poziţia iniţială;

b) tensiunea din fir în acest timp.

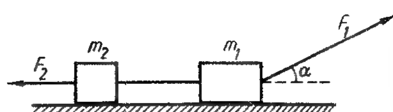


Fig. 3.5

3.6. Se dă drumul unui corp să alunece pe un jgheab înclinat, continuat cu o buclă circulară verticală, de la înălţimea minimă de la care corpul nu părăseşte suprafaţa buclei. Din buclă se taie un segment simetric faţă de verticala OC, corespunzător unghiului la centru 2α ($\alpha < 90°$), astfel încît, părăsind jgheabul în A, corpul să revină în B şi să-şi continue mişcarea pe jgheab (ca şi cum jgheabul ar fi fost întreg, fig. 3.6). Să se afle unghiul α (se neglijează frecările).

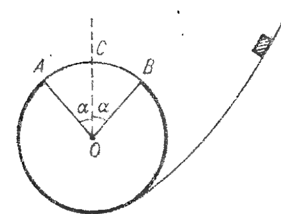


Fig. 3.6

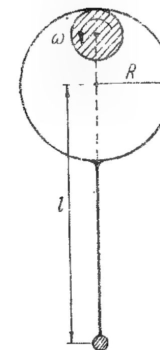


Fig. 3.8

3.7. O scară uniformă este sprijinită de un perete. Cunoscînd coeficienţii de frecare la alunecare dintre scară şi podea $\mu_1 = 0{,}40$ şi dintre scară şi perete, $\mu_2 = 0{,}50$, să se afle unghiul α dintre scară şi podea, maxim posibil pentru ca scara să alunece.

3.8. Un pendul este format dintr-un inel subţire de rază $R = 4{,}0$ cm de care este sudată o tijă subţire avînd la capăt un corp punctiform greu a cărui distanţă pînă la centrul inelului este $l = 10{,}0$ cm, ca în figura 3.8. Masa inelului şi a tijei sînt neglijabile. Se aşază inelul peste un cilindru orizontal care se roteşte. Unghiul de frecare la alunecare dintre inel şi cilindru este $\varphi = 30°$. Să se afle:

a) unghiul α de deviere (faţă de verticală) a tijei pendulului, la echilibru;

b) unghiul β dintre verticală şi raza inelului dusă spre punctul de contact cu cilindrul.

3.9. Pe un plan înclinat poate aluneca cu frecare un corp de masă $m = 3{,}0$ kg. Variind înclinarea planului înclinat s-a constatat că numai pentru unghiul de înclinare $\varphi = 30°$ corpul alunecă uniform în jos pe planul înclinat. Fixînd acum inclinarea acestui plan la unghiul $\alpha = 60°$, se leagă corpul de masă m printr-un fir trecut peste un scripete ideal fix, de un alt corp de masă $M = 1{,}0$ kg, ca în figura 3.9.

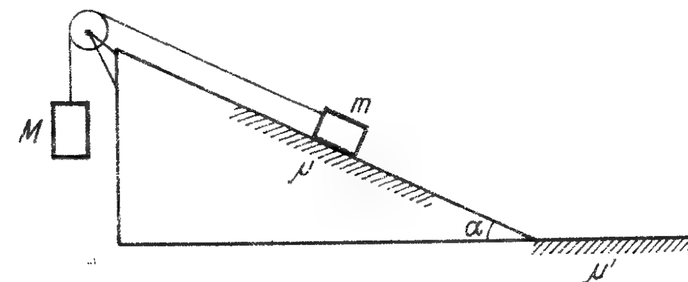


Fig. 3.9

a) Cu ce accelerație se mișcă sistemul lăsat liber?

b) Se dezleagă corpul M și se trage de fir în jos cu o forță egală cu greutatea Mg a corpului M dezlegat. Cu ce accelerație se va mișca acum corpul m?

c) Se dezleagă corpul m și se lasă să alunece liber, în jos pe plan înclinat, fără viteză inițială, pornind de la o înălțime $h = 3{,}0$ m, după care corpul intră pe planul orizontal pe care se oprește datorită frecării cu acesta, cu coeficientul $\mu' = 0{,}20$. Să se reprezinte grafic viteza și accelerația corpului în funcție de timp, de la pornire pînă la oprire.

d) Care este lucrul mecanic efectuat de forța de frecare pe tot parcursul mișcării corpului în cazul precedent?

3.10. De-a lungul unui plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$ și de lungime $l = 1{,}00$ m este lansat de jos în sus un corp de masă $m_1 = 0{,}60$ kg cu viteza inițială $v_{01} = 3{,}0$ m/s. Simultan se lasă să alunece liber din vîrful planului un al doilea corp de masă $m_2 = 0{,}40$ kg. Coeficientul de frecare la alunecare între corpuri și plan este $\mu = \dfrac{1}{2\sqrt{3}}$, $g = 10$ m/s². Prin ciocnire corpurile se cuplează (ciocnire plastică). Să se calculeze căldura totală degajată, atît prin frecare în timpul mișcării pînă la ciocnire, cît și prin ciocnire.

3.11. Se dă un plan înclinat de lungime $l = 17$ m și de unghi $\alpha = 30°$ față de orizontală. Din vîrful planului este lansat, de-a lungul planului în jos, un corp de masă $m_1 = 5{,}0$ kg cu viteza inițială $v_{01} = 1{,}00$ m/s. După un timp Δt este lansat de la baza planului, în sus de-a lungul planului, un corp de masă $m_2 = 6{,}0$ kg, cu viteza inițială $v_{02} = 22$ m/s. Coeficientul de frecare la alunecare între corpuri și plan este $\mu = 0{,}40 \cdot \sqrt{3}$, $g = 10$ m/s². Să se afle:

a) căldura degajată prin ciocnirea plastică a celor două corpuri;

b) ce înălțime maximă, măsurată de la vîrful planului înclinat, atinge sistemul de corpuri după ciocnire.

3.12. Un corp cu masa $m_1 = 8{,}0$ kg este lăsat să alunece pe un plan înclinat cu lungimea $L = 30$ m și înclinația $\alpha = 30°$. În același moment este lansat în sus de-a lungul planului înclinat, cu viteza $v_{02} = 72$ km/h un corp cu masa $m_2 = 2{,}0$ kg ca în figura 3.12. Coeficientul de frecare al acestor corpuri cu planul înclinat este $\mu_1 = \dfrac{1}{2\sqrt{3}}$. La o distanță $d = 8{,}5$ m de baza planului înclinat se află un pendul (balistic) cu lungimea $l = 4{,}9$ m și masa bilei $m_3 = 10{,}0$ kg. Care va fi unghiul maxim, β, de deviere al pendulului față de verticală, dacă în urma ciocnirii plastice a celor două corpuri, corpul rezultat prin lipirea acestora se deplasează pe planul orizontal cu coeficientul de frecare $\mu_2 = 0{,}50$ și ciocnește perfect elastic pendulul ($g = 10$ m/s²)?

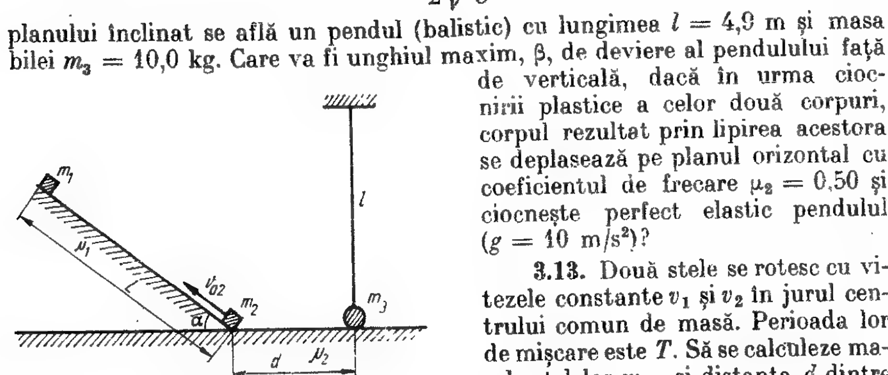


Fig. 3.12

3.13. Două stele se rotesc cu vitezele constante v_1 și v_2 în jurul centrului comun de masă. Perioada lor de mișcare este T. Să se calculeze masele stelelor $m_{1,2}$ și distanța d dintre ele. Se dă constanta gravitațională.

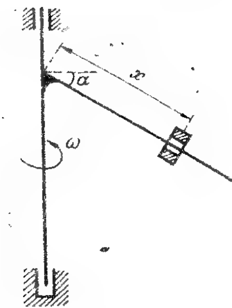


Fig. 3.14

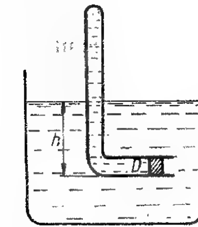


Fig. 3.19

3.14. O tijă înclinată cu unghiul α față de orizontală se rotește cu viteza unghiulară ω în jurul unui ax vertical trecînd prin capătul superior al tijei ca în figura 3.14. De-a lungul tijei, alunecă liber un manșon cu unghiul de frecare la alunecare φ. Pentru ce valori ale distanței x manșonul se va găsi în repaus față de tijă?

3.15. O bilă de lemn de masă M este suspendată printr-un fir de lungime l (dimensiunile bilei sînt mici față de lungimea firului). Un glonț de masă m lovește orizontal bila și rămîne înfipt în ea. Unghiul de deviație maximă a firului este α (pendul balistic). Să se afle viteza inițială a glonțului și tensiunea din fir imediat după ciocnire.

3.16. Un balon folosit la sondarea atmosferei are volumul $V = 100$ m³ și este umplut cu heliu ($\mu_{He} = 4$ kg/kmol). Balonul trebuie să ridice aparate de măsură, avînd masa $M = 10$ kg, la înălțimea h unde densitatea aerului este de două ori mai mică decît la suprafața pămîntului. Materialul din care este confecționat învelișul este nedeformabil, iar umplerea balonului cu heliu s-a făcut la temperatura $T = 300$ K și presiunea $p = 1 \cdot 10^5$ N/m². Să se afle masa m a materialului din care este confecționat învelișul balonului. Se dau $\mu_{aer} = 29$ kg/kmol, $R = 8{,}3 \cdot 10^3$ J/kmol K, $g = 10$ m/s².

3.17. Un pahar, avînd diametrul $D = 4$ cm este așezat cu gura în jos pe o suprafață de cauciuc, plană. În momentul așezării paharului, aerul din pahar este încălzit la temperatura $t = 80$°C. Să se afle forța cu care paharul acționează asupra suprafeței plane, cunoscînd că temperatura aerului din cameră este $t_0 = 20$°C, iar presiunea atmosferică $p_0 = 1 \cdot 10^5$ N/m².

3.18. Într-un vas închis, de volum $V = 1 \cdot 10^{-1}$ m³ se află apă. La temperatura $t = 30$°C apa din vas are volumul $V_a = 1 \cdot 10^{-3}$ m³. Să se afle presiunea din vas, presupunînd că brusc forțele de interacție dintre molecule încetează să acționeze.

3.19. Un tub închis la un capăt și îndoit ca în figura 3.19 are volumul $V_1 = 4 \cdot 10^{-3}$ m³. În tub se află aer la presiunea $p_1 = 10^5$ N/m², închis cu ajutorul unui piston de diametru $D = 4 \cdot 10^{-2}$ m, care se poate mișca fără frecare.

a) La ce adîncime h trebuie cufundat tubul într-un vas cu apă pentru ca pistonul să se deplaseze pe distanța $l = 4$ cm ($\rho_{apa} = 1\,000$ kg/m³, $g = 10$ m/s²)?

b) Să se afle căldura Q ce trebuie transmisă aerului din tub pentru ca pistonul să revină în poziţia iniţială. Se cunosc $c_{p\,aer} = 1\,006$ J/kg K, $\mu_{aer} = 28{,}9$ kg/kmol şi $R = 8{,}31 \cdot 10^3$ J/kmol K.

c) Să se afle lucrul mecanic L efectuat de aer în transformarea de la punctul *b*.

d) Prin ce transformare simplă aerul poate fi adus din starea 3 în starea iniţială?

e) Să se reprezinte grafic cele trei transformări ale aerului din tub, folosind coordonatele p şi V; p şi T; V şi T.

3.20. Un mol de gaz ideal trece din starea de echilibru 1 în starea de echilibru 2 pe trei căi distincte, reprezentate grafic în figura 3.20. Cunoscînd căldura molară izocoră a gazului $C_V = 3/2\ R$ şi considerînd toate procesele cvasistatice, să se calculeze pentru fiecare dintre cele trei transformări:

a) lucrul mecanic efectuat de gaz;

b) căldura absorbită de gaz;

c) variaţia energiei interne a gazului.

3.21. Un corp de masă $m = 10$ kg cade liber de la înălţimea $h = 6$ m şi se ciocneşte la suprafaţa pămîntului cu un alt corp de masă mult mai mare decît a primului. După ciocnire, corpul se ridică la înălţimea $h_1 = 3$ m. Să se afle:

a) căldura Q degajată în urma ciocnirii;

b) viteza termică a moleculelor de azot ($\mu = 28$ kg/kmol) închis într-un vas de volum constant $V = 6 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$, la temperatura $T_1 = 500$ K şi presiunea $p_1 = 10^5\text{N/m}^2$, dacă gazul absoarbe în întregime căldura Q. Pentru azot $C_V = 5/2\ R$;

c) lucrul mecanic efectuat de gaz în urma încălzirii;

d) variaţia energiei interne a gazului.

3.22. Într-un cilindru cu piston mobil, fără frecări, se află aer la presiunea $p_1 = 1 \cdot 10^5\text{N/m}^2$, temperatura $T_1 = 300$ K şi volumul $V_1 = 5 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$. Gazul din cilindru este supus unei transformări ciclice, formată din:

— o încălzire izocoră pînă cînd presiunea devine $p_2 = 2 \cdot 10^5\ \text{N/m}^2$;

— o destindere izobară pînă cînd volumul devine $V_3 = 2\ V_1$;

— o răcire izocoră pînă cînd presiunea devine $p_4 = p_1$;

— o comprimare izobară pînă în starea iniţială.

Cunoscînd masa molară a aerului $\mu = 29$ kg/kmol şi $C_V = 5/2\ R$, să se afle:

a) masa aerului m din vas;

b) temperaturile T_2, T_3 şi T_4 ale aerului la sfîrşitul fiecărei transformări simple;

c) lucrul mecanic efectuat, căldura schimbată şi variaţia energiei interne a gazului în fiecare dintre cele patru transformări simple;

d) de cîte ori randamentul unei maşini termice care ar funcţiona după acest ciclu este mai mic decît randamentul unui ciclu Carnot, realizat între temperatura maximă şi minimă atinsă.

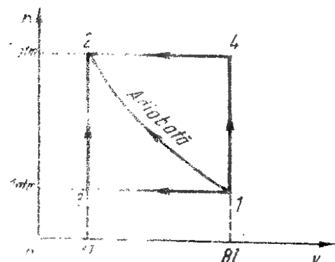


Fig. 3.20

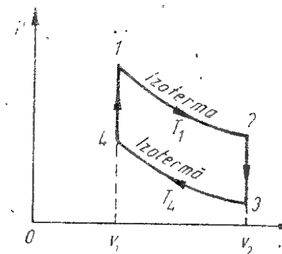


Fig. 3.24

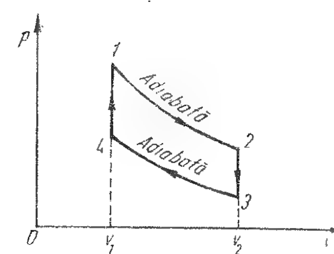


Fig. 3.25

3.23. O maşină termică ideală care funcţionează după un ciclu Carnot este utilizată pentru a ridica uniform cu viteza $v = 2$ m/s un corp de masă $m = 2 \cdot 10^3$ kg pe un plan înclinat de unghi $\alpha = 30°$, coeficientul de frecare între corp şi plan fiind $\mu = 1/\sqrt{3}$. Diferenţa de temperatură între cele două surse de căldură este $\Delta T = 480$ K, iar randamentul maşinii termice este $\eta = 0{,}6$. Să se afle:

a) puterea P a maşinii necesară ridicării corpului pe planul înclinat;

b) temperatura T_1 a sursei calde şi temperatura T_2 a sursei reci;

c) căldura Q_1 cedată sursei reci în timpul $t = 3$ s;

d) densitatea substanţei de lucru (azot, $\mu_1 = 28$ kg/kmol) la evacuarea din maşină, la temperatura T_2 şi presiunea atmosferică normală.

3.24. Un motor termic, avînd substanţa de lucru aerul, pentru care exponentul adiabatei este $\gamma = 1{,}4$ şi masa molară $\mu = 29$ kg/kmol, funcţionează după un ciclu format din două izoterme şi două izocore (vezi fig. 3.24), avînd raportul de compresie $\varepsilon = V_2/V_1 = 4$ şi raportul temperaturilor celor două izoterme $\tau = T_1/T_4 = 3$. Să se afle:

a) randamentul motorului, funcţie de ε şi τ;

b) randamentul unui ciclu Carnot care ar funcţiona între două termostate avînd temperaturile T_1 şi T_4;

c) înălţimea h pînă la care ar putea fi ridicat un corp de masă $m = 100$ kg cu ajutorul acestui motor dacă se consumă căldura $Q_1 = 10$ kJ;

d) puterea dezvoltată de motor dacă durata unui ciclu este de $t = 2$ s;

e) temperatura T_1 a sursei calde dacă este cunoscut că viteza termică a moleculelor de aer evacuat după fiecare ciclu este $v_T = 500$ m/s.

3.25. Motorul cu reacţie funcţionează după un ciclu format din două adiabate şi două izocore (fig. 3.25). Considerînd substanţa de lucru aerul, pentru care $\gamma = 1{,}4$ şi $\mu = 29$ kg/kmol. Să se determine:

a) randamentul motorului cu reacţie cunoscînd raportul de compresie $\varepsilon = V_2/V_1 = 5$;

b) căldura Q_1 primită într-un ciclu dacă lucrul mecanic efectuat pe ciclu este $L = 940$ kJ;

c) temperaturile termostatelor între care s-ar realiza un ciclu Carnot, avînd randamentul de $k = 1{,}5$ ori mai mare decît al motorului cu reacţie, dacă diferenţa între temperaturile termostatelor este $\Delta T = 710$ K.

3.26. Două bile mici identice, suspendate în acelaşi punct de cîte un fir de aceeaşi lungime, se resping datorită electrizării lor cu sarcini de aceeaşi

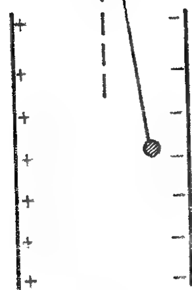


Fig. 3.28

semn. Bilele sînt introduse apoi într-un vas cu ulei de transformator. Cunoscînd că pentru uleiul de transformator densitatea este $\rho = 0,9 \cdot 10^3 kg/m^3$ iar permitivitatea relativă este $\varepsilon_r = 2,2$, să se afle care trebuie să fie densitatea materialului din care să fie făcute bilele pentru ca unghiul dintre firele lor de suspensie să fie același pentru bilele situate în aer sau în ulei.

3.27. Ce masă m are un corp care este atras gravitațional de Pămînt cu o forță F_g egală cu forța de interacție electrostatică F_e dintre două corpuri punctiforme a căror sarcină este $q = 1$ C, situate în vid la distanța $r = 500$ m, aceeași cu distanța dintre suprafața Pămîntului și corpul de masă m? Masa Pămîntului este $M = 5,98 \cdot 10^{24}$ kg, raza lui este $R = 6\,370$ km, iar constanta atracției universale $K = 6,67 \cdot 10^{-11} Nm^2/kg$.

3.28. Un pendul electric cu masa $m = 0,4$ g este plasat, așa cum se arată în figura 3.28, în cîmpul electric uniform al unui condensator plan, cu armăturile situate la distanța $d = 1$ mm una de alta, conectat la o sursă cu tensiunea la borne $U = 10$ kV. Unghiul dintre firul de suspensie și verticala locului este $\alpha = 7°30'$. Care este sarcina q a pendulului?

3.29. Două corpuri punctiforme, unul avînd sarcina $q > 0$, celălalt sarcina $q' = -0,8 \mu C$ sînt plasate în două puncte A și B la distanța $r_1 =$ $= 0,8$ m unul de celălalt. Forța de interacție electrostatică dintre corpurile punctiforme este $F_{AB} = 2,25 \cdot 10^{-2}$N. Se deplasează corpul punctiform cu sarcina q' pînă într-un punct C situat la distanța $r_2 = 1,1$ m de punctul A unde se află corpul punctiform cu sarcina q. Să se calculeze lucrul mecanic L_{BC} cheltuit pentru deplasarea corpului punctiform cu sarcina q' din punctul B în punctul C.

3.30. Un condensator cu aer este format din două plăci metalice, fiecare cu aria $S = 10^{-2} m^2$, distanțate la $d = 1$ cm. Tensiunea între armături este $U = 1\,000$ V. Să se determine:

a) sarcina q de pe fiecare armătură;

b) forța F exercitată între armături;

c) condensatorul încărcat se deconectează de la sursă, iar armăturile se depărtează la $d_1 = 10$ cm. Care este tensiunea U_1 dintre armături?

d) Se readuc armăturile la distanța d. Se înlocuiește aerul cu un dielectric cu permitivitatea relativă $\varepsilon_r = 3$. Care este acum tensiunea U_2 și forța F_2 de atracție dintre armături?

3.31. Un condensator cu capacitatea $C_1 = 2 \mu F$ se încarcă sub tensiunea $U = 1$ kV, apoi se deconectează de la sursă și se leagă la un condensator cu capacitatea $C_2 = C_1/4$. Să se calculeze energia ΔW disipată prin conductorii de legătură.

3.32. Două sfere metalice de raze $R_1 = 20$ cm și $R_2 = 10$ cm și potențiale $V_1 = 4\,000$ V respectiv $V_2 = 1\,000$ V se unesc printr-un fir conductor. Să se calculeze energia ΔW disipată prin firul conductor.

3.33. Un condensator cu aer este format din două plăci metalice, fiecare cu aria $S =$ $= 100 cm^2$, distanțate la $d = 1$ mm.

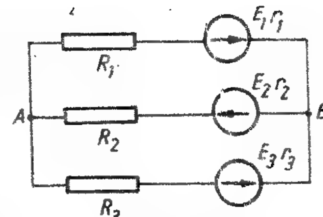


Fig. 3.39

a) Care este capacitatea C a condensatorului?

b) Se plasează în condensator, în plan median, o placă de ebonită cu grosimea $d_1 =$ $= 0,4$ mm și permitivitatea relativă $\varepsilon_r = 3$. Care este noua valoare C_1 a capacității condensatorului?

c) Se înlocuiește lama de ebonită cu una metalică avînd aceeași grosime. Care este acum capacitatea C_2 a condensatorului?

d) Aplicăm condensatorului de la punctul *a*) tensiunea $U = 300$ V. Să se calculeze forța F ce se exercită între armături.

3.34. O baterie de acumulatori cu t.e.m. $E = 12$ V și rezistență interioară $r = 0,5\,\Omega$ alimentează un circuit format dintr-un rezistor R_1 legat în serie cu doi rezistori avînd rezistențele $R_2 = 6\,\Omega$, $R_3 = 2\,\Omega$, dispuși în paralel. Intensitatea curentului prin circuit este $I = 2$ A. Să se determine rezistența R_1 și căldura Q disipată de rezistorii legați în paralel, timp de 10 minute.

3.35. O sursă cu t.e.m. E și rezistența interioară $r = 1\,\Omega$ debitează un curent de intensitate I într-un circuit format din doi rezistori legați în serie, de rezistență R fiecare. Aceeași sursă debitează un curent de intensitate dublă $2I$ dacă cei doi rezistori sînt legați în paralel. Să se calculeze rezistența R.

3.36. În paralel cu un bec de 75 W se leagă un reșou de 600 W. Tensiunea rețelei este $U = 220$ V, iar rezistența sîrmelor conectate la rețea este $r = 1\,\Omega$. Cu cît variază tensiunea la bornele becului, ΔU, cînd se leagă în circuit reșoul?

3.37. Unui reostat cu cursor cu rezistența $R = 5$ kΩ i se aplică la borne tensiunea $U = 120$ V. Între un capăt al reostatului și cursor se leagă un voltmetru cu rezistența $R_V = 15$ kΩ. Ce tensiune U_V indică voltmetrul cînd cursorul se află la mijlocul reostatului?

3.38. Un ampermetru cu rezistența de 100 Ω are scala de 100 de diviziuni și măsoară 10 A pentru o diviziune.

a) Cum se poate măsura cu acest ampermetru, astfel ca o diviziune să corespundă la 1 V?

b) Cum se poate extinde domeniul de măsurare a ampermetrului pentru a măsura curenți pînă la 1A?

3.39. Se consideră circuitul din figura 3.39 cu $E_1 = 4$ V, $E_2 = 3$ V, $E_3 = 2$ V, $r_1 = 1\,\Omega$, $r_2 = \,\Omega$, $r_3 = 0,5\,\Omega$, $R_1 = 1\,\Omega$, $R_2 = 3,5\,\Omega$, $R_3 =$ $= 1,5\,\Omega$. Să se calculeze tensiunea U_{AB} între noduri și puterile P_1, P_2, P_3 disipate de rezistoare.

3.40. Un circuit este format din o sursă $E = 18$ V și $r = 2\,\Omega$, o sîrmă de cupru cu lungimea $l = 6,28$ m și diametrul secțiunii $D = 0,2$ mm, un reostat și un ampermetru cu rezistența neglijabilă, toate în serie.

a) Care este tensiunea U la bornele sursei, dacă ampermetrul indică $I = 1$ A?

b) La capetele sîrmei de cupru se leagă în paralel o altă sîrmă de cupru, de aceeași lungime, dar de secțiune dublă. Ce rezistență R trebuie să aibă reostatul pentru ca ampermetrul să indice $I = 1$ A?

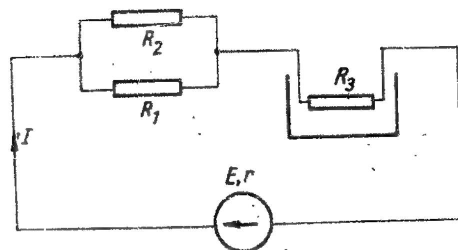


Fig. 3.41

c) Ce tensiune U' va indica un voltmetru legat între punctele de mijloc ale sîrmelor ($\rho_{Cu} = 18 \cdot 10^{-9}$ Ωm).

3.41. Se consideră circuitul din figura 3.41, în care $E = 60$ V, $r = 1{,}2$ Ω, $R_1 = 4$ Ω, $R_2 = 1$ Ω, $R_3 = 4$ Ω. Să se determine:

a) cantitatea de apă care se poate încălzi de la temperatura $\theta_1 = 20$°C la temperatura $\theta = 100$°C în timpul $t = 1$ h, dacă rezistorul R_3 este plasat într-un fierbător cu randamentul $\eta = 0{,}85$;

b) bilanţul puterilor din circuit.

3.42. Se dau două voltmetre identice cu rezistenţa R_V. Cînd un voltmetru este legat la bornele unei surse cu t.e.m. E şi rezistenţa interioară r, indică tensiunea $U_1 = 100$ V. Cînd ambele voltmetre sînt legate în paralel la bornele sursei, fiecare voltmetru indică $U_2 = 90$ V. Să se calculeze t.e.m. E a sursei.

3.43. Se consideră circuitul din figura 3.43, cu $R = 2$ Ω, $R_1 = 4$ Ω, $U_1 = 10$ V, $U_2 = 6$ V. Să se determine t.e.m. E şi rezistenţa interioară r a celor două surse identice.

3.44. Se consideră circuitul din figura 3.44.

a) De cîte ori se măreşte puterea P_2 furnizată de sursă cînd se trece comutatorul K din poziţia 1 pe poziţia 2?

b) dar puterea P' disipată în rezistorii de 2 Ω?

3.45. Un circuit serie este format din o sursă de curent continuu, o bobină cu $N = 316$ spire, lungimea $l = 15{,}75$ cm, diametrul unei spire $D = 4$ cm, rezistenţă $R = 2$ Ω, două rezistoare cu rezistenţele $R_1 = 100$ Ω respectiv $R_2 = 400$ Ω şi un întrerupător. În paralel cu rezistorul R_2 se află o baie de argintare. Prin închiderea circuitului, în baia de argintare, în timpul

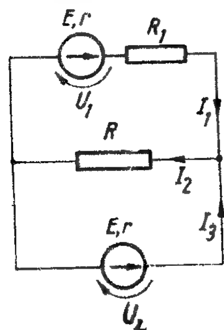


Fig. 3.43

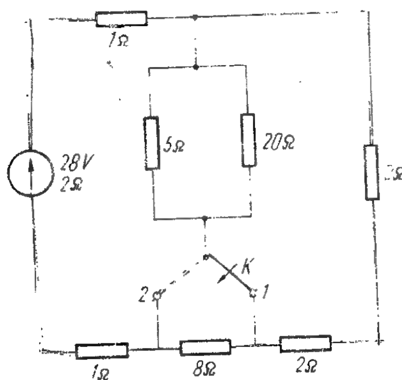


Fig. 3.44

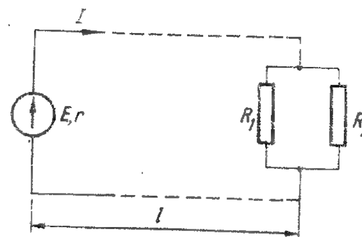


Fig. 3.46

$t = 26$h48'20", se depune cantitatea de argint avînd masa $m = 107{,}887$ g, iar în rezistorul R_2 se disipă căldura $Q = 38{,}6$ MJ. Fluxul magnetic din bobină este $\Phi = 2$ mWb. Să se determine:

a) tensiunea U_1 la bornele rezistorului R_1;

b) rezistenţa R_a a băii de argintare;

c) echivalentul electrochimic K al argintului;

d) creşterea temperaturii uleiului ($\Delta\theta$) de masă $m = 860$ g, cu căldura specifică $c = 3\,350$ J/kg · grd, în care se introduce bobina timp de $t' = 1$ h. (Se presupune că toată căldura este absorbită de ulei.)

3.46. Circuitul format din două rezistoare de rezistenţă R_1 şi R_2 din figura 3.46 este alimentat de la generatorul de curent continuu de t.e.m. $E = 130$ V şi rezistenţa interioară $r = 1$ Ω, aflat la distanţa $l = 100$ m. Rezistenţa sîrmelor de legătură din cupru ($\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ωm) este $R = 3{,}4$ Ω. Cunoscînd faptul că intensitatea curentului prin sîrmele de legătură este $I = 5$ A şi că rezistenţa $R_1 = 64{,}8$ Ω, să se determine:

a) tensiunea U la bornele sursei;

b) căderea de tensiune U' pe sîrmele de legătură;

c) secţiunea sîrmei de cupru;

d) rezistenţa R_2;

e) puterea P dezvoltată pe circuitul de utilizare alcătuit din cele două rezistoare R_1 şi R_2.

3.47. De la o reţea de alimentare cu tensiunea la borne $U = 11$ kV trebuie să se transmită la distanţa $l = 2$ km puterea $P = 500$ kW, cu o pierdere de tensiune U' pe linia bifilară de transport a energiei, egală cu 1% din tensiunea U. Să se calculeze diametrul minim D al sîrmei de cupru ($\rho = 1{,}75 \cdot 10^{-8}$ Ωm) pentru realizarea liniei de transport.

3.48. Un receptor de energie electrică cu puterea $P = 1{,}2$ kW este conectat prin intermediul unor conductori de rezistenţă neglijabilă la o sursă de curent continuu cu t.e.m. $E = 120$ V şi rezistenţa interioară r.

a) Dacă receptorul are rezistenţa variabilă, să se determine rezistenţa interioară r a sursei cunoscînd faptul că puterea receptorului, dată mai sus, se obţine pentru o singură valoare a rezistenţei acestuia.

b) Care este rezistenţa receptorului R şi puterea P_p pierdută pe circuit în această situaţie?

3.49. La bornele unei baterii formate din $n = 880$ elemente galvanice legate în serie, fiecare element avînd t.e.m. $E = 1{,}5$ V şi rezistenţa interioară $r = 0{,}185$ Ω, se leagă un conductor de cupru cu aria secţiunii transversale $S = 1$ mm². Ştiind că tensiunea la borne a bateriei este $U = 220$ V, să se calculeze viteza medie v a mişcării ordonate a electronilor în conductorul de cupru. Se consideră că fiecare atom de cupru dă un singur electron de conducţie. Masa atomică a cuprului este $A = 63{,}6$ u, densitatea cuprului $d = 8{,}9 \cdot 10^3$ kg/m³, numărul lui Avogadro $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{26}$ kmol⁻¹, sarcina electronului $|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.

3.50. Un circuit electric de curent continuu format dintr-o bobină şi un rezistor cu rezistenţa $R = 30$ Ω, conectate în serie, este alimentat de o

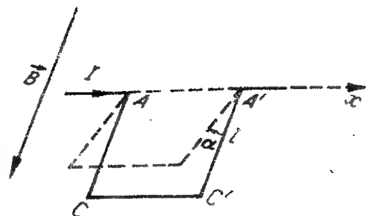


Fig. 3.51

sursă cu t.e.m. $E = 120$ V şi rezistenţa interioară $r = 10\ \Omega$. Bateria debitează un curent de intensitate $I = 2$ A. Se cer:

a) tensiunea la bornele rezistorului U_R şi tensiunea la bornele bobinei U_b;

b) energia totală W_s dezvoltată de sursă în $t = 2$ h;

c) randamentul η a bateriei;

d) numărul de spire pe unitatea de lungime n a bobinei astfel încît cîmpul magnetic din bobină să imprime o traiectorie circulară de rază $R_0 = 0{,}32$ cm unui electron ce ar pătrunde perpendicular pe direcţia cîmpului magnetic, cu viteza $v = 3.2 \cdot 10^6$m/s. Se dau: $m_0 = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg, $|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, $\mu_0 = 12{,}56 \cdot 10^{-7}$ H/m, $\mu_r = 1$.

3.51. Un conductor de cupru cu aria secţiunii transversale $S = 2\ \text{mm}^2$, îndoit în formă de U, cu laturile egale cu l, ca în figura 3.51, se poate roti în jurul axei orizontale AA'. Conductorul este situat într-un cîmp magnetic uniform, vertical. Cînd prin conductor trece curentul de intensitate $I = 10$ A, acesta este deviat cu un unghi $\alpha = 15°$. Să se determine inducţia magnetică B. (Densitatea cuprului este $d = 8\,900$ kg/m³.)

3.52. O spiră circulară cu raza $r = 20$ cm şi rezistenţa $R = 0{,}04\ \Omega$ este plasată într-un cîmp uniform de inducţie $B = 2$ mT. Poziţia iniţială a spirei este paralelă cu liniile de cîmp. Ce sarcină electrică trece prin spiră la rotirea ei cu unghiul $\alpha = 60°$?

RĂSPUNSURI

3.1. *a*) Forţa de frecare este centripetă; *b*) devine oblică înapoi faţă de rază.

3.2. Zero, forţa fiind permanent perpendiculară pe traiectorie (viteză).

3.3. $\mu_{min} = \mu \dfrac{m + M}{m} = 0{,}15.$

3.4. *a*) $\mu = \dfrac{F\cos\alpha}{mg - F\sin\alpha} = \dfrac{\sqrt{3}}{3} = 0{,}578$; *b*) $M > F\dfrac{\cos\alpha - \mu\sin\alpha}{\mu g} = 10$ kg.

3.5. $F_1 \cos\alpha - \mu(m_1 g - F_1\sin\alpha) - \mu m_2 g - F_2 = (m_1 + m_2)a_1$, $a_1 = 1{,}00$ m/s², $d_1 = a_1 t_1^2/2 = 8{,}0$ m, $v_1 = a_1 t_1 = 4{,}0$ m/s, $T_1 - \mu m_2 g - F_2 = m_2 a_1$, $T_1 = 40{,}0$ N; $-F_2 - \mu(m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2)a_2$, $a_2 = -4{,}8$ m/s², $t_2 = -v_1/a_2 = 0{,}83$ s, $d_2 = -v_1^2/2a_2 = 1{,}66$ m, $-T_2 - \mu m_1 g = m_1 a_2$, $T_2 = 16{,}8$ N; $F_2 - \mu(m_1 + m_2)g = (m_1 + m_2)a_3$, $a_3 = 0{,}80$ m/s², $d_1 + d_2 = a_3 t_3^2/2$, $t_3 = 4{,}9$ s, $T_3 - \mu m_1 g = m_1 a_3$, $T_3 = 16{,}8$ N; $t = t_1 + t_2 + t_3 = 9{,}73$ s.

3.6. $h = 5R/2$, $v_0^2 = 2g(h - R - R\cos\alpha)$, $2R\sin\alpha = b = \dfrac{2}{g} v_0^2 \sin\alpha\cos\alpha$, $\alpha = 60°$.

3.7. $\text{tg}\alpha = \dfrac{1 - \mu_1\mu_2}{2\mu_1} = 1$, $\alpha = 45°$.

3.8. *a*) $\sin\alpha = \dfrac{R}{l}\sin\varphi$, $\alpha = 11°30'$; *b*) $\beta = \varphi$; figura 3.8, R.

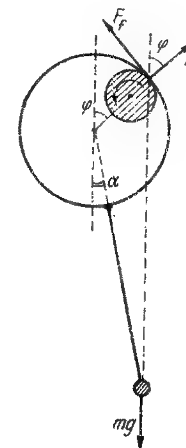


Fig. 3.8, R

3.9. $\mu = \text{tg}\varphi = \sqrt{3}/3 = 0{,}573$; *a*) $a = g\dfrac{m}{m + M}\dfrac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos\varphi} - g\dfrac{M}{m + M} = 1{,}79$ m/s²; *b*) $a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) - g\dfrac{M}{m} = 2{,}39$ m/s²;

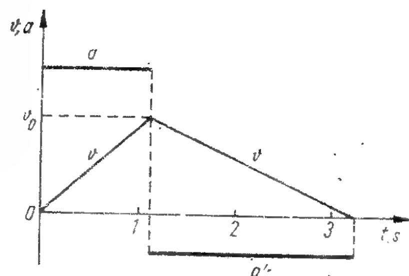


Fig. 3.9, R

c) $a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = g\frac{\sin(\alpha-\varphi)}{\cos\varphi} = 5{,}66\,m/s^2$, $a' = -\mu' g = -1{,}96\ m/s^2$; $v_0 = \sqrt{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)h/\sin\alpha} = 6{,}26\ m/s$; $t = \sqrt{\frac{2h}{\sin\alpha \cdot g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}} = 1{,}1\ s$, $t' = v_0/\mu' g = 3{,}2s$; d) $L = -mgh = -88$ J; v. figura 3.9, R.

3.10. $a_1 = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = -7{,}5\ m/s^2$, $a_2 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = 2{,}5\ m/s^2$, $t_u = -v_{01}/a_1 = 0{,}40$ s, $s_u = -v_{01}^2/2a_1 = 0{,}60$ m, m_2 coboară cu $s_2 = a_2t_u^2/2 = 0{,}20$ m și are $v_2 = a_2t_u = 1{,}00$ m/s; din acest moment m_1 se întoarce și întîlnirea are loc după t:
$l - s_u + a_2t^2/2 = s_2 + v_2t + a_2t^2/2$, $t = 0{,}20$ s, $s_c = s_u - a_2t^2/2 = 0{,}55$ m;
$v_1' = a_2t = 0{,}50$ m/s, $v_2' = v_2 + a_2t = 1{,}50$ m/s, $v'' = \frac{m_1v_1' + m_2v_2'}{m_1 + m_2} = 0{,}9$ m/s;

$$Q = m_1v_{01}^2/2 + m_2gl_2\sin\alpha - (m_1 + m_2)v''^2/2 - (m_1 + m_2)g \cdot s_c\sin\alpha \cong 1{,}5\ J.$$

3.11. $a_1 = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = -1{,}0\ m/s^2$, $t_1 = -v_{01}/a_1 = 1{,}0$ s, $s_1 = -v_{01}^2/2a_1 = 0{,}50$ m; $a_2 = -g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = -11\ m/s^2$, corpul m_2 parcurge în $t_1 = 1{,}0$ s distanța $v_{02}t_1 + a_2t_1^2/2 < 16{,}5$ m $= l - s_1$, deci Δt poate fi oricare;

$v_2 = \sqrt{v_{02}^2 + 2a_2(l - s_1)} = 11$ m/s, $v' = \frac{m_2v_2}{m_1 + m_2} = 6{,}0$ m/s, $Q = \frac{1}{2}\frac{m_1m_2}{m_1 + m_2}v_2^2 = 165$ J, $v_0^2 = v'^2 + 2a_2s_1 = 25\ m^2/s^2$, $h_m = \frac{1}{2g}v_0^2\sin^2\alpha = 0{,}31$ m.

3.12. $a_c = g(\sin\alpha - \mu_1\cos\alpha) = 2{,}5\ m/s^2$, $a_u = -g(\sin\alpha + \mu_1\cos\alpha) = -7{,}5\ m/s^2$, condiția de întîlnire: $\frac{1}{2}a_ct^2 + v_{02}t + \frac{1}{2}a_ut^2 = L$ sau $t^2 - 8t + 12 = 0$, $t_{1,2} = 2$ s și 6 s; corspunde $t = 2$ s, deoarece $t_{u2} = -v_{02}/a_u = 2{,}67$ s; $v_1 = a_ct = 5{,}0$ m/s, $v_2 = v_{02} + a_ut = 5{,}0$ m/s la distanța $s_2 = v_{02}t + a_ut^2/2 = 25$ m; $v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} = 3{,}0$ m/s;
la baza planului $v_0 = \sqrt{v^2 + 2a_cs_2}$ și la pendul $v' = \sqrt{v_0^2 - 2\mu_2gd} = \sqrt{v^2 + 2a_cs_2 - 2\mu_2gd} = 7{,}0$ m/s; $v_3 = v'\frac{2(m_1 + m_2)}{m_1 + m_2 + m_3} = 7{,}0$ m/s;
$h = v_3^2/2g = l - l\cos\beta$, $\cos\beta = 1 - v_3^2/2lg = 1/2$, $\beta = 60°$.

3.13. $Km_1m_2/d^2 = m_12\pi v_1/T = m_22\pi v_2/T$, $d = r_1 + r_2 = Tv_1/2\pi + Tv_2/2\pi$,
$m_{1,2} = \frac{1}{K}\frac{T}{2\pi}v_{2,1}(v_1 + v_2)^2$.

3.14. $x \leqslant \frac{g}{\omega^2}\frac{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha)}{\cos\alpha}$ dacă $\varphi \geqslant \alpha$ sau $x \geqslant -\frac{g}{\omega^2}\frac{\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)}{\cos\alpha}$ dacă $\varphi + \alpha > 90°$.

3.15. $v = 2\sin\frac{\alpha}{2}\frac{M + m}{m}\sqrt{lg}$, $T = (M + m)g(3 - 2\cos\alpha)$.

3.16. $m = \frac{pv}{RT}\left(\frac{1}{2}\mu_a - \mu_{He}\right) - M = 30{,}5$ kg

3.17. $F_{max} = \frac{\pi D^2\Delta Tp_0}{4T_0} \cong 26$ N.

3.18. $p = \frac{\rho RTV_a}{\mu V} \cong 1{,}39 \cdot 10^2\ N/m^2$.

3.19. a) $h = \dfrac{p_1\frac{\pi D^2}{4}l^2 + \frac{1}{2}\rho gD\left(V_1 - \frac{\pi D^2}{4}l\right)}{\rho g\left(V_1 - \frac{\pi D^2}{4}l\right)} \simeq 12{,}5$ cm;

b) $Q = \frac{p_1M}{R}\frac{\pi D^2}{4}lc_p \simeq 17{,}6$ J; c) $L = \left[p_1 + \rho g\left(h - \frac{1}{2}D\right)\right]\frac{\pi D^2}{4}l \simeq 5{,}1$ J;
d) printr-o transformare izocoră; e) figura 3.19, R, a, b, c.

3.20. a) $L_{132} = p_1(V_2 - V_1) = -7 \cdot 10^2$ J; $L_{142} = p_2(V_2 - V_1) = -22{,}4 \cdot 10^2$ J; $L_{12} = C_v/R\,(p_1V_1 - p_2V_2) = -36{,}9 \cdot 10^2$ J. b) $Q_{132} = p_3V_3 - 5/2\,p_1V_1 + 3/2\,p_2V_2 = -14{,}2 \cdot 10^2$ J; $Q_{142} = -p_4V_4 - 3/2\,p_1V_1 + 5/2\,p_2V_2 = -29{,}6 \cdot 10^2$ J; $Q_{12} = 0$.

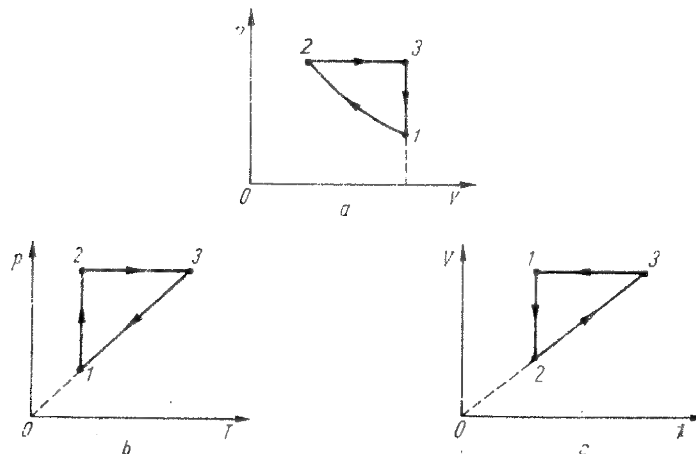


Fig. 3.19, R

c) $\Delta U_{132} = Q_{132} - L_{132} = -7{,}2 \cdot 10^2$ J; $\Delta U_{142} = Q_{142} - L_{142} = -7{,}2 \cdot 10^2$ J; $\Delta U_{12} = C_V\,(p_2V_2 - p_1V_1) = -7{,}2 \cdot 10^2$ J.

3.21. *a)* $Q = mg(h - h_1) = 300$ J; *b)* $v_T = \sqrt{\frac{3R}{\mu} T_1\left(1 + \frac{QR}{C_V p_1 V_1}\right)} = 732$ m/s; *c)* $L = 0$, $\Delta U = Q = 300$ J.

3.22. *a)* $m = \frac{p_1 V_1 \mu}{RT_1} = 5{,}8 \cdot 10^{-3}$ kg; *b)* $T_4 = T_3\, p_1/p_2 = 600$ K;
c) $L_{12} = 0$; $\Delta U_{12} = \nu C_V\,(T_2 - T_1) = 1{,}25$ kJ; $Q_{12} = \Delta U_{12}$; $L_{23} = p_2(V_3 - V_2) = 1$ kJ; $Q_{23} = \nu(C_V + R)\,(T_3 - T_2) = 3{,}5$ kJ, $\Delta U_{23} = 2{,}5$ kJ; $L_{34} = 0$; $Q_{34} = \nu C_V\,(T_4 - T_3) = -2{,}5$ kJ, $\Delta U_{34} = Q_{34}$; $L_{41} = p_1V_1 = -0{,}5$ kJ; $Q_{41} = \nu C_p\,(T_1 - T_4) = -1{,}75$ kJ; $\Delta U_{41} = Q_{41} - L_{41} = -1{,}25$ kJ.
d) $L = p_1V_1 = 0{,}5$ kJ; $Q_1 = Q_{12} + Q_{23} = 4{,}75$ kJ.
e) $\eta/\eta_c = \frac{L\,T_3}{Q_1(T_3 - T_1)} = 0{,}14$.

3.23. *a)* $P = mgv(\sin\alpha + \mu\cos\alpha) = 40$ kW; *b)* $T_1 = \frac{\Delta T}{\eta} = 800$ K.
c) $Q_1 = Pt/\eta = 200$ kJ; $Q_2 = Q_1(1 - \eta) = 80$ kJ; *d)* $\rho = \frac{p\mu}{RT_2} = 1{,}23$ kg/m^3.

3.24 *a)* $\eta = \frac{(\tau - 1)\ln\varepsilon}{\frac{\tau - 1}{\gamma - 1} + \tau\ln\varepsilon} = 0{,}32$ (32%); *b)* $\eta_c = 1 - (T_4/T_1) = 0{,}66$ (66%); *c)* $h = \frac{\eta Q_1}{mg} = 3{,}2$ m; *d)* $P = \eta Q_1/t = 1{,}6$ kW; *e)* $T_1 = \tau\,\frac{v_T^2\mu}{3R} = 740$ K.

3.25. *a)* $\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} = 0{,}47$ (47%); *b)* $Q_1 = L/\eta = 2$ MJ;
c) $T_1 = \frac{\Delta T}{k\eta} = 1\,000$ K, $T_2 = \Delta T\left(\frac{1 - k\eta}{k\eta}\right) = 290$ K.

3.26. $\rho_b = \frac{\rho\varepsilon_r}{\varepsilon_r - 1} = 1{,}65 \cdot 10^3$ kg/m^3.

3.27. $m = 3\,662{,}8$ kg.

3.28. $q = \frac{mgd}{U}\,\mathrm{arctg}\ 7°30' = 32{,}33$ nC.

3.29. $L_{BC} = -F_{AB}r_1^2\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = -4{,}9$ mJ.

3.30. *a)* $q = \frac{\varepsilon_0 SU}{d} = 8{,}85$ nC; *b)* $F = -\frac{qU}{2d} = 4{,}425 \cdot 10^{-4}$ N;
c) $U_1 = \frac{d_1}{d}U = 10$ kV; *d)* $U_2 = 250$ V; $F_2 = 1{,}1 \cdot 10^{-4}$ N.

3.31. $\Delta W = -0{,}2$ J.

3.32. $\Delta W = 2\pi\varepsilon_0\frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}(V_1 - V_2)^2 = 33$ μJ.

3.33. *a)* $C = 88$ pF; *b)* $C_1 = 120$ pF; *c)* $C_2 = 146$ pF; *d)* $F = \frac{\varepsilon_0}{2}S\left(\frac{U}{d}\right)^2 = 0{,}398$ N.

3.34. $R_1 = 4\,\Omega$; $Q = 3{,}6$ kJ.

3.35. $R = 1\,\Omega$.

3.36. $\Delta U = 2{,}69$ V.

3.37. $U_V = 55{,}42$ V.

3.38. *a)* $R_a = 99\,900\,\Omega$; *b)* $R_s = 0{,}1\,\Omega$.

3.39. $U_{AB} = -1{,}8$ V; $P_1 = 1{,}21$ W; $P_2 = 5{,}04$ V; $P_3 = 15$ mW.

3.40. *a)* $U = 16$ V; *b)* $R = 14{,}83\,\Omega$; *c)* $U' = 0$ V.

3.41. *a)* $m = 0{,}878$ kg; *b)* $P_s = 600$ W, $P_R = 600$ W.

3.42. $E = \frac{U_1U_2}{2U_2 - U_1} = 112{,}5$ V.

3.43. $I_1 = \frac{U_1 - U_2}{R_1} = 1$ A; $I_3 = \frac{U_2 - RI_2}{R} = 2$ A; $I_2 = I_1 + I_3 = 3$A; $r = \frac{I_1R_1}{I_3 - I_1} = 4\,\Omega$; $E = I_1R_1 + I_1r + I_2R = 14$ V.

3.44. *a)* $P_2 = 2P_1$; *b)* $P_2' = P_1'$.

3.45. *a)* $U_1 = \frac{4R_1\Phi l}{\mu_0N^2\pi D^2} = 200$ V; *b)* $R_a = 400\,\Omega$; *c)* $K = 1{,}118$ mg/C; *d)* $\Delta\theta = 10$°C.

3.46. *a)* $U = 125$ V; *b)* $U' = 17$ V; *c)* $S = 1$ mm^2; *d)* $R_2 = 32{,}4\,\Omega$; *e)* $P = 540$ W.

3.47. $I = \frac{U'}{\rho\frac{2l}{S}} = \frac{P}{U - U'} \Rightarrow D = \frac{2 \cdot 10^2}{U}\left(\frac{2l\rho P}{99\pi}\right)^{1/2} \approx 6$ mm.

3.48. *a)* $r = E^2/4P = 3\,\Omega$; *b)* $R = r = 3\,\Omega$; $I = E/2r = 20$ A; $P_p = rI^2 = 1{,}2$ kW.

3.49. $v = \frac{I}{n_0eS} = \frac{\frac{nE - U}{nr}}{\rho\frac{N_A}{A}|e|S} = 7{,}4 \cdot 10^{-4}$ m/s.

3.50. *a)* $U = E - rI = 100$ V; $U_R = RI = 60$ V; $U_b = U - U_R = 40$ V; *b)* $W_s = EIt = 1{,}7$ MJ; *c)* $\eta = P_u/P_s = U/E = 0{,}83$; *d)* $B' = mv/|e|\,R_0 = 5{,}72$ mT; $B = \mu_0 nI \Rightarrow n = 2\,275$ spire/m.

3.51. $B = \frac{2Sdg}{I}\,\mathrm{tg}\,\alpha = 9{,}3 \cdot 10^{-3}$ T.

3.52. $q = 3{,}14$ mC.

1. CONSTANTE FUNDAMENTALE

Viteza luminii în vid în sisteme de referință inerțiale:

$$c = 2,9979250 \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}.$$

Sarcina elementară

$$e = 1,6021917 \cdot 10^{-19} \text{ C} \approx 1,60 \cdot 10^{-19} \text{C}.$$

Permitivitatea vidului

$$\varepsilon_0 = 8,8541853 \cdot 10^{-12} \text{ F/m} \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}.$$

Permeabilitatea vidului

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \approx 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}.$$

Masa de repaus a electronului

$$m_e = 9,109558 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \approx 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}.$$

Constanta lui Planck

$$h = 6,626196 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \approx 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$$

Constanta lui Boltzmann

$$k = 1,380622 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}.$$

Numărul lui Avogadro

$$N_A = 6,022169 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1} \approx 6,02 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}.$$

Constanta universală a gazelor

$$R = kN_A = 8\,314,34 \text{ J/kmol} \cdot \text{K} \approx 8\,314 \text{ J/kmol} \cdot \text{K}.$$

Condiții *normale* ale gazelor înseamnă:
temperatură normală: $0°\text{C} = 273,15 \text{ K} = T_0$,
presiune normală: $101\,325 \text{ N/m}^2 = 760 \text{ torr} = 1 \text{ atm} = p_0$.
Volumul molar al gazului ideal în condiții normale

$$V_0 = RT_0/p_0 = 22,4136 \text{ m}^3/\text{kmol} \approx 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}.$$

Numărul lui Loschmidt este numărul moleculelor de gaz ideal din 1 m³ în condiții normale:

$$L = p_0/kT_0 = N_A/V_0 = 2,68696 \cdot 10^{25} \text{m}^{-3} \approx 2,69 \cdot 10^{25} \text{m}^{-3}.$$

Constanta gravitațională

$$K = 6,6732 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2 \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2.$$

2. CÎTEVA DATE ASUPRA PĂMÎNTULUI

Presiunea atmosferică normală	$101\,325$ N/m²
Densitatea aerului uscat în condiții normale	$1,2928$ kg/m³
Accelerația gravitațională normală	$9,80665$ m/s²
Accelerația gravitațională la nivelul mării și paralela 45°	$9,80616$ m/s²
Raza ecuatorială a Pămîntului	6 378 km
Raza polară a Pămîntului	6 357 km
Volumul Pămîntului	$1,087 \cdot 10^{21}$ m³
Raza medie a Pămîntului	6371 km
Densitatea medie a Pămîntului	5 522 kg/m³
Masa Pămîntului	$5,983 \cdot 10^{24}$ kg
Viteza orbitală medie a Pămîntului	29,770 m/s
Viteza unghiulară medie de rotație a Pămîntului	$7,29 \cdot 10^{-5}$ rad/s
Cîmpul magnetic terestru B	$5,7 \cdot 10^{-5}$ T
Momentul dipolar magnetic al Pămîntului	$8,1 \cdot 10^{22}$ A · m²

Densitatea fluxului de energie solară pe suprafața Pămîntului	1340 W/m²
Distanța medie pînă la Soare	$149,46 \cdot 10^6$ km
Perioada rotației proprii	23 h 56 min
Înclinarea ecuatorului față de orbită	23° 27′
Distanța pînă la Lună	$384,4 \cdot 10^3$ km

3. MULTIPLI ȘI SUBMULTIPLI

Multipli		unități	Submultipli		unități
deca-	da-	10	deci-	d-	10^{-1}
hecto-	h-	10^2	centi-	c-	10^{-2}
kilo-	k-	10^3	mili-	m-	10^{-3}
mega-	M-	10^6	micro-	μ-	10^{-6}
giga-	G-	10^9	nano-	n-	10^{-9}
tera-	T-	10^{12}	pico-	p-	10^{-12}
peta-	P-	10^{15}	femato-	f-	10^{-15}
exa-	E-	10^{18}	ato-	a-	10^{-18}

4. ALFABETUL GRECESC

alfa	Α α	niu	Ν ν
beta	Β β	xi	Ξ ξ
gama	Γ γ	omicron	Ο ο
delta	Δ δ	pi	Π π
epsilon	Ε ε	ro	Ρ ρ
zeta	Ζ ζ	sigma	Σ σ, ς
eta	Η η	tau	Τ τ
teta	Θ θ, ϑ	ypsilon	Υ υ
iota	Ι ι	fi	Φ φ
kapa	Κ κ	hi	Χ χ
lambda	Λ λ	psi	Ψ ψ
miu	Μ μ	omega	Ω ω

5. DENSITĂȚILE UNOR SUBSTANȚE (în kg/m³)

Solide (la temperatura camerei: 17—23°C; ultimele două cifre nu sînt peste tot exacte).

alamă 800
aluminiu 2 700
argint 10 400
aur 19 300
constantan 8 900
cositor 7 300
cuarț cristalin 2 600
cupru 8 890
duraluminiu 2 800
fier 7 800
fontă 7 000—7 100
gheață (0°C) 917
nichel 8 800—8 900
nichelină 8 800
oțel carbon (<1 % C) 7 800
oțel moale 7 900
platină 21 450
plumb 11 340
plută 200—250
sticlă 2 400—2 800
wolfram (sîrmă) 19 300
zinc 7 000—7 100

Lichide (la 15°C)

acetonă 792
alcool etilic 791
alcool metilic 810
apă de mare 1 025—1 030
benzen 850—880
benzină 700—900
eter 720—736
glicerină 1 260
petrol 800
petrol lampant 780—800
sulfură de carbon 1 260
terebentină 850—870

Gaze (în condiții normale)

acetilenă	1,17	dioxid de carbon	1,9768
aer	1,2928	heliu	0,1785
amoniac	0,7708	hidrogen	0,0899
argon	1,783	metan	0,7167
azot	1,251	oxigen	1,429

6. PROPRIETĂȚILE ELASTICE ALE UNOR MATERIALE

Materialul la 18°C	Modul Young E, 10^{10} N/m²	Modul alunecare G, 10^{10} N/m²	Coef. Poisson μ	Modul de compresib. K, 10^{10} N/m²
aluminiu	7,05	2,62	0,345	7,58
argint	8,27	3,03	0,367	10,4
aur	7,8	2,7	0,44	21,7
cupru	12,98	4,833	0,343	13,76
fier	21,2	8,2	0,29	16,9
nichel	20,4	7,9	0,280	16,1
platina	16,8	6,1	0,377	22,8
plumb	1,62	0,562	0,441	4,6
zinc	9,0	3,6	0,25	6,0
oțel (1% C)	21,0	8,10	0,293	16,88
oțel moale	21,0	8,12	0,291	16,78
constantan (60%Cu+40%Ni)	16,3	6,11	0,327	15,7
manganină	12,4	4,65	0,334	12,4
bronz (66% Cu)	~10	~3,5	~0,37	11,2
sticlă	~6	3,1	~0,25	3,75
cauciuc	~0,00032	~0,00010	~0,47	—
cuarț	7,3	3,1	0,17	3,7
fontă	~11,5	~4,4	~0,27	9,6

gheața (—2°C) $E = 0{,}28 \cdot 10^{10}$ N/m²; stejar $E = 1{,}3 \cdot 10^{10}$ N/m²; pin $E = 0{,}9 \cdot 10^{10}$ N/m²; mase plastice $E \sim 0{,}2 \cdot 10^{10}$ N/m².

7. VITEZA SUNETULUI ÎN SOLIDE (în m/s)

c_l — viteza undelor longitudinale într-o bară, c_l' — viteza undelor longitudinale în mediu nemărginit, c_t — viteza undelor transversale

	c_l	c_l'	c_t
alamă	3 400	4 500	2 100
aluminiu	5 240	6 400	3 130
argint	2 800	3 700	1 694
cupru	3 600	4 700	—
fier	5 130	5 900	—
lemn	3 600—4 000	—	—
nichel	4 900	—	—
oțel	5 100	6 000	—
platină	2 800	3 960	—
sticlă (crown)	5 000	5 700	3 300
zinc	3 800	4 170	—

valori extreme: granit 6 000
cauciuc vulcanizat (0° C) 54

8. VITEZA SUNETULUI ÎN FLUIDE (în m/s)

Lichide

apă	0°C	1 407	alcool etilic	20°C	1 177
mercur	20°C	1 451	petrol	25°C	1 225

gaze (0°C)

aer (uscat)	331,46	NH_3	415
CO_2	260	N_2	333,64
H_2	1 286	CH_4	430
O_2	315		

9. CĂLDURILE SPECIFICE ALE UNOR SUBSTANȚE (în J/kg.K)

a) solide

Alamă	380	Gheață (zăpadă)	2 090
Aluminiu	920	Nichel	460
Argint	250	Oțel	470
Cositor	280	Platină	125
Cupru	380	Plumb	120
Fontă	550	Zinc	400

b) lichide

Acetonă	2 180	Eter	2 330
Alcool	2 430	Fier lichid	830
Apă	4 187	Glicerină	2 430
Benzen	1 420	Sulfură de carbon	1 005
Benzină	2 140	Ulei mineral	2 093

c) gaze

Amoniac	2 100	Heliu	5 200
Azot	1 000	Hidrogen	14 300
Aer	1 000	Oxigen	920
Bioxid de carbon	830	Vapori de apă	2 200

10. PUTEREA CALORICĂ A UNOR COMBUSTIBILI (în MJ/kg)

a) solide

cărbune brun	9,3
cocs	30,3
mangal	29,7
huilă	30
lemn uscat	8,3
turbă	15

b) lichide

alcool	27
benzină	46
păcură (diesel)	42
petrol lampant	45

c) gaze

gaz de cocs	16,4	gaz de furnal	3,7
gaz de generator	5,5	gaz natural	35,5

11. COEFICIENTUL DE DILATARE LINEARĂ (în 10^{-5} K^{-1})

Alamă	1,9	Fontă	1,0
Aluminiu	2,3	Gheață	5,1
Argint	2,05	Nichel	1,28
Aur	1,4	Platină	0,9
Cositor	2,1	Sticlă	0,9
Cupru	1,7	Zinc	2,9
Fier (oțel)	1,2		

12. COEFICIENTUL DE DILATARE VOLUMICĂ A LICHIDELOR (în $10^{-3}K^{-1}$)

Acetonă	1,2	60—80°C	0,587
Alcool etilic	1,1	80—100°C	0,702
Alcool metilic	1,2	Benzină	1
Apă 0—4°C	0,033	Glicerină	0,5
5—10°C	0,053	Mercur	0,18
10—20°C	0,15	Toluen	1,07
20—40°C	0,302	Ulei mineral	0,6
40—60°C	0,458		

13. COEFICIENTUL DE TENSIUNE SUPERFICIALĂ (în N/m)

Acetonă	0,024	Glicerină	0,059
Alcool etilic	0,022	Mercur	0,470
Apă	0,072	Soluție de săpun	0,04
Benzină	0,029	Ulei mineral	0,033
Eter etilic	0,017		

14. CĂLDURA LATENTĂ DE VAPORIZARE (în 10^5J/kg, la temperatura de fierbere)

Substanța	T,K.	(10^5 J/kg)
Acetonă	329,2	5,2
Aer	81	2,1
Alcool etilic	351	8,57
Amoniac	239,6	13,7
Apă	373	22,6
Apă grea	374,43	20,6
Benzină	423	3
Eter etilic	308	3,52
Fier	3 323	0,58
Freon —12	243,2	16,8
Glicerină	629,58	2,72
Mercur	530	2,85

15. CĂLDURA LATENTĂ DE TOPIRE (în 10^4 J/kg)

Temperatura de topire Substanța	T°C	(10^4J/kg.)
Aluminiu	659	38
Apă (gheață)	0	33,5
Apă grea	3,82	31,6
Argint	9,60	8,8
Aur	1 064	6,6
Cositor	232	5,8
Cupru	1 083	18
Fier	1 530	27
Fontă cenușie	1 150	9,7
Mercur	—39	1,25
Naftalină	80	15,1
Plumb	327	2,5
Sulf	112,8	5,5
Wolfram	3 410	2,6
Zinc	419	11,8

BIBLIOGRAFIE

1. Druică-Zeletin, I., Popescu, A.; *Culegere de probleme de mecanică și acustică pentru examenele de bacalaureat și admitere în învățămîntul superior*, Editura tehnică, București, 1979.
2. Atanasiu, M.; Drobotă, V.; *Fizică pentru admitere în facultate*, vol. I și II, Editura Albatros, București, 1974.
3. Crețu T.I.; Anghelescu, D.; Vieroșeanu, I.; *Probleme de fizică pentru admitere în învățămîntul superior*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
4. Hristev, A.; *Probleme de căldură, fizică moleculară și termodinamică pentru examenele de bacalaureat și admitere în învățămîntul superior*, Editura tehnică, București, 1974.
5. Preda, M.; Cristea, P.; *Probleme de electricitate pentru examenele de bacalaureat și admitere în învățămîntul superior*, Editura tehnică, București, 1978.
6. Ionescu, G.; Fochianu, V.; Călin, C.; *Probleme de fizică date la concursurile de admitere în învățămîntul superior pentru ingineri și subingineri*, Editura Didactică și Pedagogică, București. 1978.
7. Bukhovtsev, B.; Hrivchenkov, V.; Myakieshev, G.; Shalonv, V.; *Problems in Elementary Physics*, Mir Publishers, Moscow, 1978.
8. Buzatu, C.; *Culegere de probleme de fizică*, Editura tehnică, București, 1961.
9. Țițeica, G.; *Probleme de mecanică*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
10. Kiss, E.; Kiss, V.; *Culegere — Probleme de fizică*, Societatea de științe fizice și chimice din R.S.R., 1979.
11. Hollyday, D.; Resnick, R.; *Fizica vol. I*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1975.
12. Gherman, O. și colectiv; *Probleme de fizică pentru liceu*, Editura „Scrisul Românesc", Craiova, 1975.
13. Constantinescu, L. și colectiv; *Probleme de fizică pentru licee*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1972.
14. Saharov, D.I.; *Culegere de probleme*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976.

CUPRINS

Partea I (*clasa a IX-a*). **Mecanică și acustică**

Partea a II-a (*clasa a X-a*). **Fenomene termice, electrice și magnetice**

Partea a III-a. **Probleme de sinteză**